

UNIVERSITY OF ILLINOIS
LIBRARY

Class

606

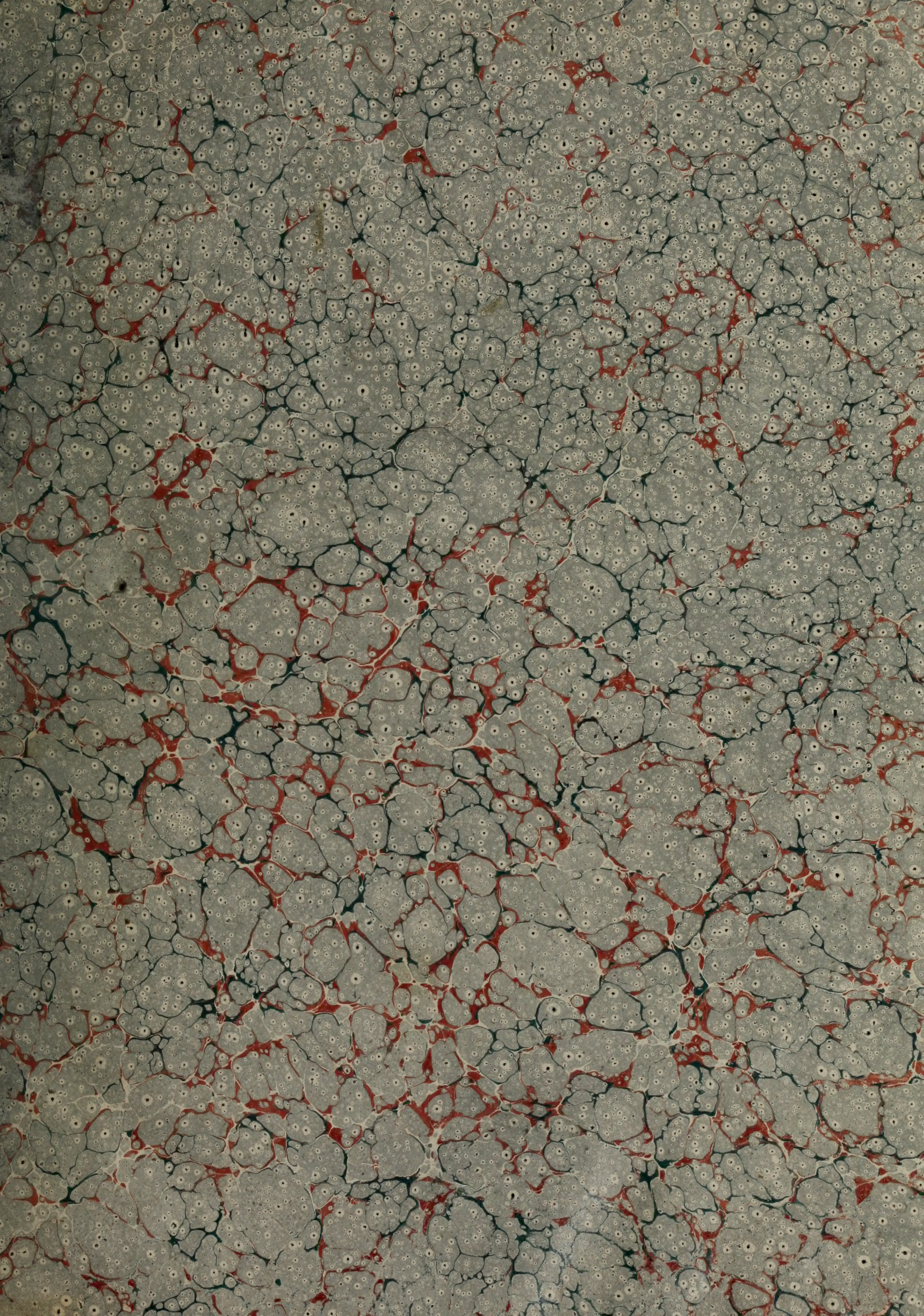
Book

SC

Volume

62

Je 07-10M





Digitized by the Internet Archive
in 2014

<https://archive.org/details/bulletin6218soci>

BULLETIN

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

L'INDUSTRIE NATIONALE

DES ARTS ET DES MÉTIERS

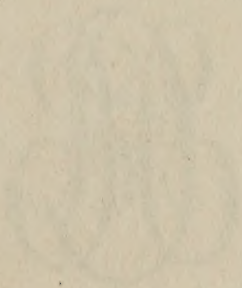
DE LA MANUFACTURE

DES GLACES DE SAINT-LOUIS

DE LA MANUFACTURE DES GLACES

DE LA MANUFACTURE DES GLACES

DE LA MANUFACTURE DES GLACES DE SAINT-LOUIS



PARIS

MAISON FONDÉE EN 1793

1850

1850

1850

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR

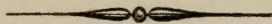
L'INDUSTRIE NATIONALE,

RÉDIGÉ

PAR LES SECRÉTAIRES DE LA SOCIÉTÉ,

MM. COMBES ET PELIGOT,

MEMBRES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.



SOIXANTE-DEUXIÈME ANNÉE.

DEUXIÈME SÉRIE. — TOME X.

La Société a été reconnue comme établissement d'utilité publique par ordonnance royale
du 21 avril 1834.



Paris,

MADAME VEUVE BOUCHARD-HUZARD,

IMPRIMEUR DE LA SOCIÉTÉ,

RUE DE L'ÉPERON-SAINT-ANDRÉ-DES-ARTS, 5.

1863

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

1868

L'INDUSTRIE NATIONALE.

REVUE

PAR LES SECRÉTAIRES DE LA SOCIÉTÉ.

UNIVERSITY OF ILLINOIS
LIBRARY
MIL. COMBS ET FILS
CHICAGO
RECEIVED DE L'ACADEMIE DES SCIENCES

SOIXANTE-DEUXIÈME ANNÉE.

DEUXIÈME SÉRIE. — TOME X.

La Société a été reconnue comme établissement d'utilité publique par loi du 28 avril 1864.



Paris.

MADAME VEUVE BOUCHARD-REXARD.

IMPRIMERIE DE LA SOCIÉTÉ
RUE DE L'ÉPERON, 5 (AUT. 1864-1865, 2)

1868

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

SOUSCRIPTION

EN FAVEUR DES OUVRIERS DE L'INDUSTRIE COTONNIÈRE.

Par décision de son Conseil d'administration, la Société d'encouragement pour l'industrie nationale a souscrit une somme de deux mille cinq cents francs pour les ouvriers sans travail de l'industrie cotonnière.

En conséquence, cette somme a été immédiatement versée dans les bureaux du *Moniteur universel*.

CONSEIL D'ADMINISTRATION.

DÉCISION RELATIVE A LA NOMINATION DE MEMBRES ADJOINTS.

Conformément à l'arrêté pris le 16 janvier 1855,

M. Huzard entendu dans la séance publique du 11 février 1863 pour le comité d'agriculture,

Le Conseil, après délibération, a décidé que ce comité était autorisé à présenter une liste de candidats pour la nomination de trois membres adjoints.

104758

ARTS CHIMIQUES.

RAPPORT *fait par M. GAULTIER DE CLAUBRY, au nom du comité des arts chimiques, sur UN SYSTÈME DE CHAUFFAGE DES APPAREILS D'UN LABORATOIRE DE CHIMIE présenté par M. NICKLÈS, professeur de chimie à la faculté des sciences de Nancy.*

Les nombreuses opérations que pratiquent chaque jour les chimistes dans leurs laboratoires exigent presque indispensablement l'emploi de la chaleur, mais celle-ci ne s'y trouve pas toujours appliquée dans les mêmes conditions.

Alors qu'il s'agit de températures très-élevées et de masses plus ou moins considérables de produits, des fourneaux particuliers et des combustibles tels que la houille, le coke et le charbon de bois sont nécessaires, c'était même généralement au moyen de ce dernier que naguère encore on pratiquait généralement les opérations qui n'exigent souvent qu'une faible élévation de température, les évaporations par exemple; mais les inconvénients résultant du transport par les courants d'air des cendres du foyer, l'obligation de renouveler fréquemment le combustible, la difficulté de maintenir des températures à peu près constantes exigeaient des soins et une surveillance qui ne laissaient pas d'être peu compatibles avec un travail scientifique.

L'emploi, devenu aujourd'hui très-répandu, du chauffage par le gaz a fait disparaître une grande partie de ces inconvénients; mais il est un mode, trop peu appliqué encore, dont on peut tirer un parti d'autant plus utile que, en même temps qu'il détermine des effets réguliers, il fournit un produit continuellement indispensable au chimiste, l'eau pure dont celui-ci consomme chaque jour de grandes quantités, l'utilisation de la chaleur latente de la vapeur.

En 1844, votre rapporteur, visitant l'école polytechnique de Vienne en Autriche, y trouva le laboratoire du savant professeur Schrötter entièrement chauffé par l'alambic destiné à fournir l'eau distillée. Le professeur Weltzen, à Carlsruhe, ayant adopté ce mode de chauffage, a fait construire un appareil plus complet auquel M. Nicklès, professeur à la faculté des sciences de Nancy, a apporté des modifications très-intéressantes décrites dans une note qu'il vous a adressée. Cette note a été renvoyée au comité des arts chimiques, au nom duquel je suis chargé de vous présenter ce rapport.

On voit qu'il s'agit ici d'une application spéciale et non de l'organisation

complète d'un laboratoire destiné à des opérations de tous genres, telle que celle qu'a décrite M. Heeren (1).

Utiliser, par son application au plus grand nombre possible d'opérations, la chaleur développée par la condensation de la vapeur, profiter des températures variées que cette condensation peut produire sur des points donnés pour obtenir des effets relatifs aux actions qu'il s'agit de déterminer, se procurer à volonté de l'eau distillée froide ou chaude, profiter de la chaleur fournie par les produits de la combustion du foyer et de celle des résidus de la grille pour augmenter le chauffage de tout le système, tel est le but que s'est proposé M. Nicklès et qu'il a atteint par les dispositions décrites dans la note dont nous nous occupons.

L'alambic est chauffé directement au moyen du coke.

Le chapiteau, d'une forme concave dans le but de profiter de sa température pour des évaporations, donne passage à quatre tuyaux, pour l'alimentation de l'alambic, la conduite de la vapeur dans les appareils qu'elle est destinée à chauffer, la sortie directe dans le cas où son action est utile à quelque opération, le signal indicateur de l'abaissement du niveau d'eau.

Le tuyau qui conduit la vapeur traverse d'abord une étuve en cuivre d'où la portion condensée de 96 à 99° peut s'écouler par un robinet convenable et facilite beaucoup l'exécution d'un grand nombre d'opérations qui nécessitent de l'eau distillée chaude : continuant sa route, la vapeur peut être, par le simple jeu d'un robinet, dirigée ou dans des entonnoirs à filtration chaude et de là dans le serpentin, ou directement dans celui-ci, mais en traversant une étuve placée sur un bain de sable dont nous allons nous occuper et dont elle coopère à élever la température. Sous ce bain de sable, formé d'une feuille de tôle, circulent les produits de la combustion qui l'échauffent entre 100 et 25 environ du point d'entrée au point de sortie, condition avantageuse pour la variété des opérations qu'il permet d'exécuter.

Cette étuve, fermée par des vitrages, peut être facilement ventilée par le moyen d'un conduit qui communique avec la cheminée du fourneau et des registres convenablement disposés.

Au-dessous de l'étuve se trouve une armoire vitrée construite dans le massif et dont la partie supérieure est fermée par une plaque de tôle constituant le fond du canal de la fumée. Pour en augmenter la température, une plaque de fonte sert à la fois de plancher bas à l'étuve et au cendrier, et les résidus de la combustion la maintiennent toujours très-chaude. Cette

(1) Voir *Bulletin* de 1859, 2^e série, t. VI, p. 343.

étuve reste sensiblement à 25° pendant vingt-quatre heures, lors même que l'alambic n'a pas fonctionné durant ce temps.

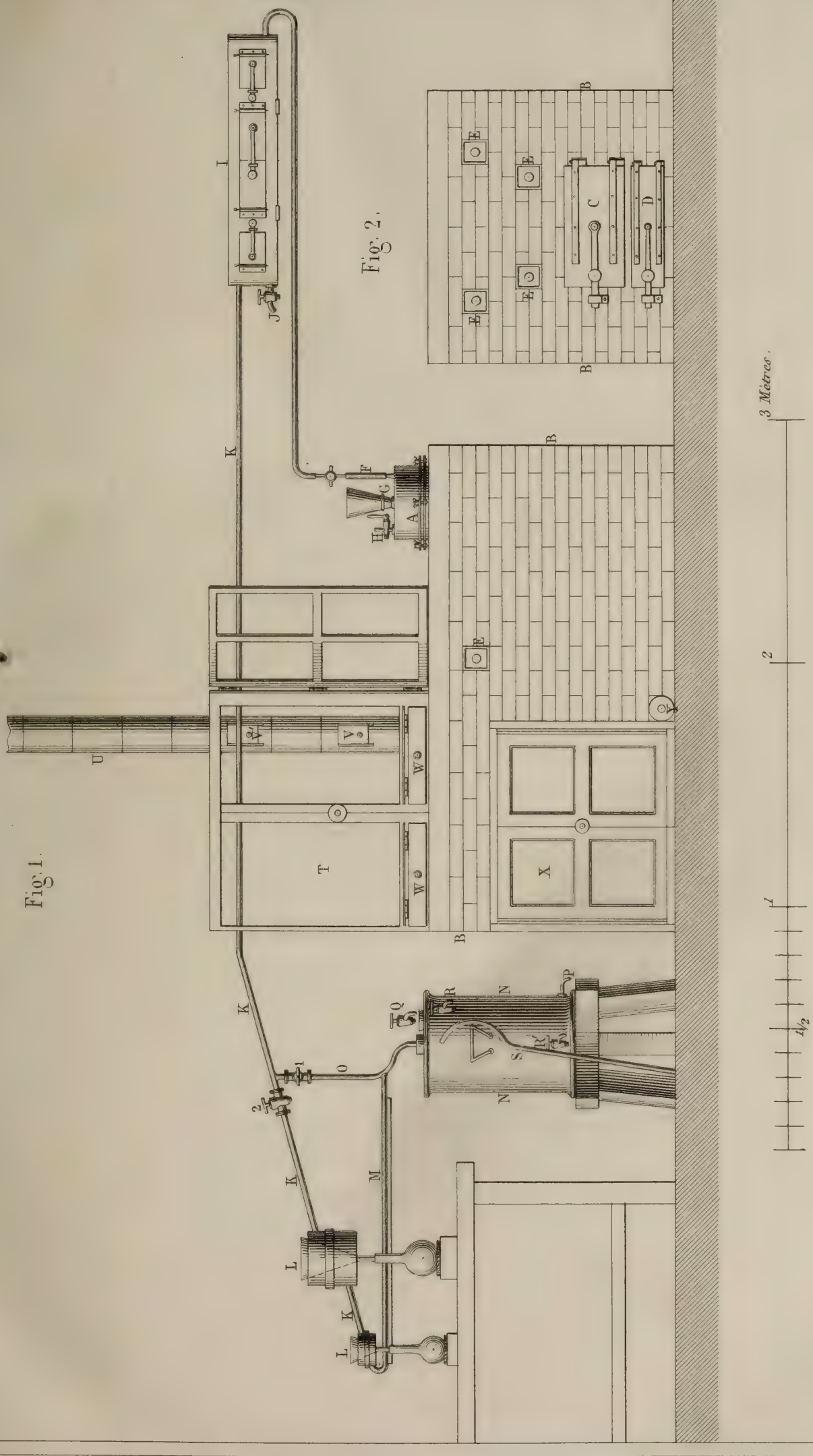
Si les opérations auxquelles elle est destinée exigeaient une plus haute température, on l'obtiendrait avec beaucoup de facilité au moyen d'un bec de gaz ou d'une petite grille au charbon de bois ; elle est ventilée à volonté par le mouvement de registres et par sa communication avec le conduit destiné à l'expulsion des produits de la combustion qui, parcourant des tuyaux communiquant avec la cheminée, élèvent la température de la pièce.

Quelque ingénieuses que puissent être des dispositions du genre de celles qui nous occupent, elles ne rempliraient qu'incomplètement leur but, si la dépense qu'elles exigeraient surpassait de beaucoup l'importance des résultats à obtenir.

Ici l'économie vient s'ajouter à tous les avantages que nous avons signalés, et chacun en sera facilement convaincu quand nous dirons que 10 kilog. de coke, distribués en sept à huit charges et donnant lieu à une dépense de 50 c. environ, suffisent pour la marche régulière de l'appareil, qui fournit, en cinq à six heures, 34 à 35 litres d'eau distillée chaude ou froide, de l'eau chaude provenant du serpentin, et de la vapeur, chauffe de 98 à 100° une étuve à compartiments, à 25° une autre masse, à 30° une cage avec bain de sable dont les divers points offrent des températures de 25 à 80°, des filtres à chaud, des bains-marie, et enfin élève l'atmosphère de la pièce elle-même de 6 à 8°.

Les eaux employées dans le laboratoire de Nancy déterminent, dans la chaudière de l'alambic, de fortes incrustations. M. Nicklès signale les difficultés que lui a présentées l'emploi des divers moyens qu'il a employés pour les combattre ; s'il avait connu le procédé que j'ai signalé à la Société, si utilement employé par M. Manuel, fabricant de sucre de betterave à Collonges près Dijon, il ne se serait pas trouvé obligé d'avoir recours à l'utilisation d'un moyen très-imparfait, et il nous semble très-peu efficace, que nous croyons inutile de décrire. Il nous suffira donc de rappeler que le sulfate de baryte en poudre fine a fourni, dans le travail d'une campagne, chez M. Manuel, les résultats les plus complètement satisfaisants, pour procurer à tous ceux qui auraient à combattre le même genre d'inconvénients le moyen de les éviter.

M. Nicklès a fait une chose très-utile en décrivant l'appareil qu'il a établi dans son laboratoire ; il importe que la connaissance de ses ingénieuses dispositions et de l'économie de son emploi se répande parmi les chimistes, et, dans ce but, le comité regarde comme un véritable service rendu à ceux-ci la publication du présent rapport accompagné d'une figure avec légende.



Ad. Leblanc del. et sc.

ALAMBIC DE LABORATOIRE A EFFETS MULTIPLES, PAR M. J. NICKLÈS.

Imp. Lamoureux, r. de Lacépède, 38. Paris.

Il a l'honneur de vous proposer, en outre, d'adresser à l'habile professeur de Nancy des remerciements pour l'intéressante communication qu'il a faite à la Société.

Signé GAULTIER DE CLAUBRY, rapporteur.

Approuvé en séance, le 16 juillet 1862.

LÉGENDE DE LA PLANCHE 261 REPRÉSENTANT L'ALAMBIC DE LABORATOIRE A EFFETS MULTIPLES, PRÉSENTÉ PAR M. NICKLÈS.

Fig. 1. Vue d'ensemble des appareils et du fourneau.

Fig. 2. Vue du fourneau seul du côté des portes du foyer et du cendrier.

Chauffage au moyen de la chaleur latente de la vapeur d'eau. — A, alambic en cuivre rouge de la capacité de 110 litres environ, avec son chapiteau à quatre tubulures également en cuivre rouge et assujetti au moyen de brides et de boulons; la surface de ce chapiteau est concave, afin de permettre d'y placer des capsules ou autres vases contenant des liquides à évaporer au bain de vapeur.

B, fourneau dans la maçonnerie duquel l'alambic est scellé.

C, porte du foyer.

D, porte du cendrier.

E, regards communiquant avec les carnaux qui font deux fois le tour de l'alambic, et permettant de les nettoyer; il y en a quatre au-dessus de la porte du foyer et un sur la face longitudinale du fourneau.

F, première tubulure du chapiteau de l'alambic; elle est surmontée d'un tube en plomb avec robinet pour conduire la vapeur à l'étuve.

G, deuxième tubulure surmontée d'un entonnoir plongeant jusqu'au fond de la cucurbite, et servant à établir une communication constante entre l'intérieur de celle-ci et l'air extérieur.

H, troisième tubulure munie d'un robinet destiné à donner issue à la vapeur dont on peut avoir besoin..

La quatrième tubulure que la figure ne permet pas de voir, parce qu'elle est cachée par l'entonnoir de la tubulure G, porte un sifflet d'alarme mis en jeu par un flotteur.

I, étuve à trois portes munie d'un double fond dans lequel se condense une partie de la vapeur amenée par le tube de la tubulure F.

J, robinet de l'étuve pour la sortie de l'eau distillée, dont la température est de 96 à 99° cent.

K, tuyau en plomb conduisant la vapeur sortant de l'étuve I dans les entonnoirs L, situés de l'autre côté du fourneau.

L, L, entonnoirs à filtration chaude placés dans des manchons à double enveloppe, dans lesquels la vapeur amenée par le tuyau K circule librement et s'y condense en partie.

M, tuyau emportant au réfrigérant la vapeur en excès, ainsi que l'eau distillée produite dans les manchons des entonnoirs L.

N, réfrigérant composé d'un serpentin et d'une cuve cylindrique à circulation d'eau froide pour la condensation de la vapeur arrivant dans ce serpentin.

O, tube mettant en communication directe, au moyen du robinet 1, le tuyau K avec le réfrigérant lorsqu'on ne veut pas envoyer la vapeur aux entonnoirs L, et en communication indirecte, au moyen du robinet 2 et du tuyau M, lorsqu'on veut, au contraire, opérer une filtration à chaud. Dans le premier cas, le robinet 1 doit être ouvert et le robinet 2 fermé, tandis que, dans le second cas, c'est le robinet 1 qui doit être fermé et le robinet 2 ouvert.

P, orifice de sortie de l'eau distillée fournie par le serpentin et recueillie dans le vase destiné à la recevoir.

Q, robinet de l'eau de réfrigération arrivant dans la cuve N; sous ce robinet est un entonnoir plongeant jusqu'au fond du réfrigérant, de telle sorte que l'eau y débouche par le bas.

R, R', robinets de vidange de la cuve N; comme l'eau froide n'entre dans cette cuve que par la partie inférieure, il s'ensuit que le robinet R donne de l'eau chaude, tandis que le robinet R' en donne de la froide.

S, tuyau communiquant avec la partie supérieure de la cuve N et servant, lorsque les robinets R et R' sont fermés, à l'écoulement de l'eau chaude déplacée par l'arrivée de la froide, fournie d'une manière continue par le robinet Q.

Chauffage au moyen de la chaleur perdue du foyer. — T, armoire vitrée formant étuve, disposée sur le fourneau et traversée par le tuyau de vapeur K; le fond de cette armoire est composé d'une feuille de tôle sur laquelle est établi un bain de sable; c'est sous cette feuille de tôle que passent les produits de la combustion avant de se rendre à la cheminée U.

U, cheminée emportant les produits de la combustion après qu'ils ont échauffé le bain de sable, et traversant le laboratoire dans toute sa longueur avant de déboucher dans l'atmosphère.

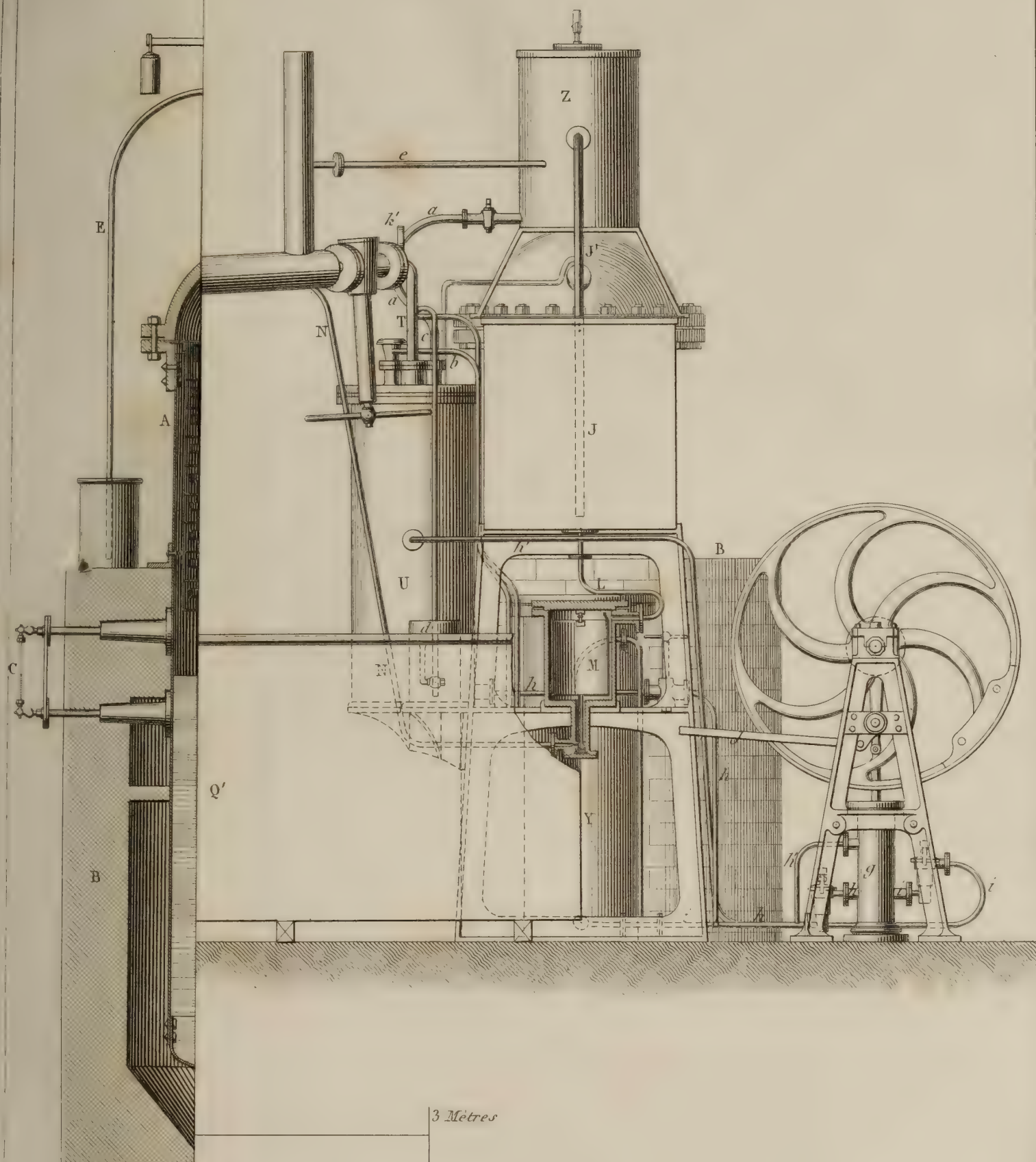
V, registre inférieur adapté à la cheminée, et servant à emporter hors de l'étuve les vapeurs âcres provenant quelquefois des liqueurs en évaporation.

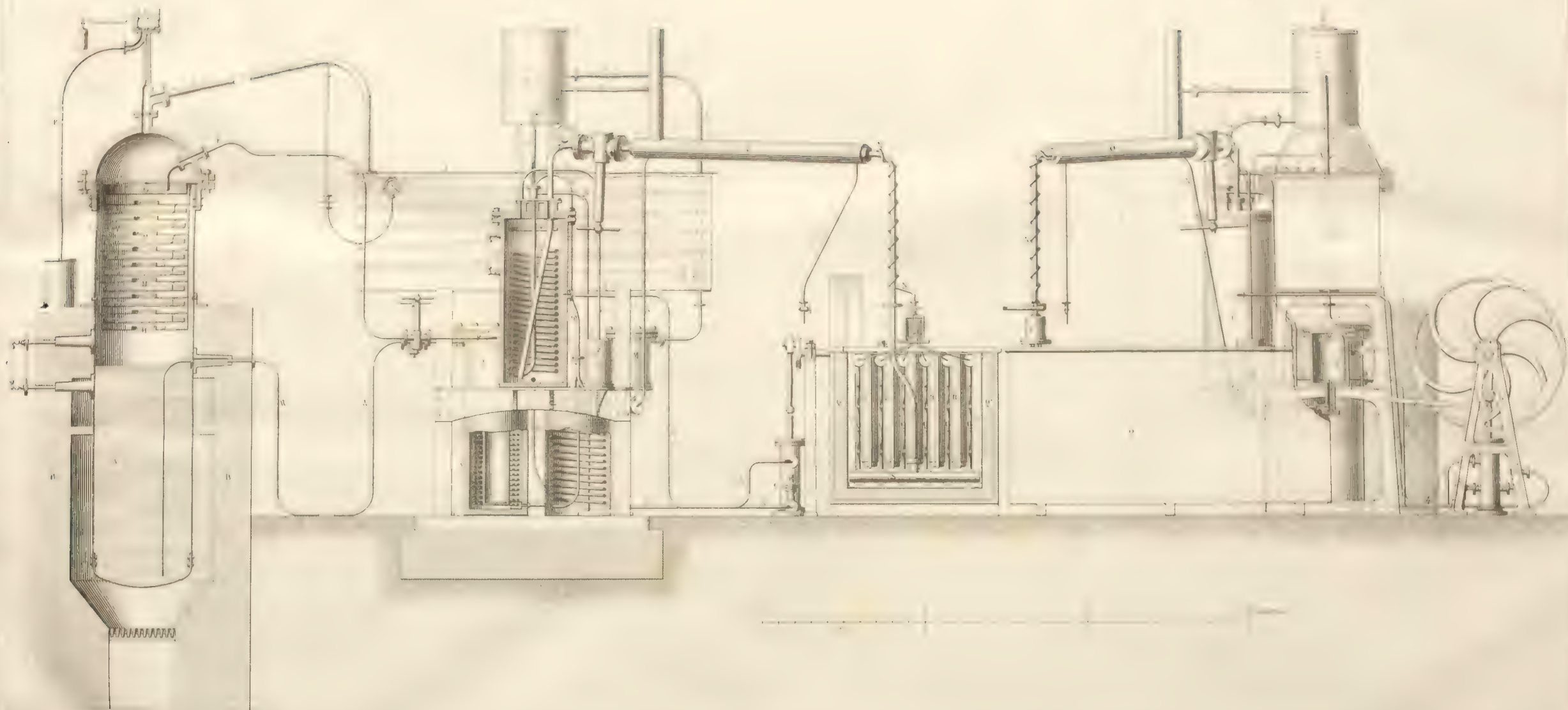
V', autre registre placé au-dessus du précédent et servant, avec les prises d'air W, W recouvertes par des tablettes à charnières, à établir dans l'étuve T un courant énergique qui renouvelle l'air en peu d'instant.

X, autre armoire vitrée, disposée dans la maçonnerie du fourneau et constituant une étuve à basse température, spécialement affectée aux cristallisations ou aux fermentations; le plafond de cette étuve est une feuille de tôle, parallèle à celle de l'armoire T et formant la face inférieure du canal qui emporte à la cheminée les produits de la combustion : ce canal a donc pour parois supérieure et inférieure deux feuilles de tôle, tandis que ses parois latérales sont en briques.

Y, soupape servant de prise d'air pour la ventilation de l'étuve X, dans le fond et près de la paroi supérieure de laquelle est un registre ouvrant dans la cheminée. (M.)

Fig. 2.





FABRICATION CONTINUE DE LA GLACE PAR M. CARRE

ARTS ÉCONOMIQUES.

RAPPORT fait par M. le comte TH. DU MONCEL, au nom du comité des arts économiques, sur les COUSSINS FROTTEURS DES MACHINES ÉLECTRIQUES de M. PERRAULT STEINER.

Messieurs, les coussins frotteurs des machines électriques à plateau de verre jouent, comme on le sait, un grand rôle dans le développement de l'électricité dégagée par ces sortes de machines. De leur disposition et de la préparation de leurs surfaces frottantes dépend, en quelque sorte, l'énergie de la charge électrique provoquée. On comprend, d'après cela, que la question de la préparation des coussins a dû préoccuper beaucoup les physiciens, surtout à l'époque où les machines à plateau de verre étaient les seuls engins producteurs de l'électricité qu'on eût à sa disposition. Aussi voyons-nous successivement, de 1780 à 1790, Franklin, Kienmeier, Van Marum et Ramsden faire de nombreuses recherches à cet égard et indiquer des procédés plus ou moins parfaits, basés plutôt sur des faits d'observation que sur des déductions théoriques; car alors, comme aujourd'hui, le rôle de ces différentes préparations, dans le dégagement électrique, n'était pas bien connu.

Les coussins de Franklin consistaient dans des plaques de bois sur lesquelles étaient appliqués trois ou quatre morceaux de flanelle brute, et le tout était recouvert d'un morceau de drap qu'on enduisait, au moyen de moelle de bœuf, d'un amalgame provenant de l'étamage de vieilles glaces. Les coussins de Kienmeier, de Berlin, étaient recouverts de peau de chat, mais le poil était appliqué contre la planchette de bois, et la peau, bien tendue extérieurement, était enduite d'un amalgame composé de zinc, d'étain et de mercure. C'était la première fois qu'on composait un amalgame spécial pour ces sortes d'organes électriques.

En 1788, Van Marum, professeur à Harlem, qui avait imaginé la machine produisant simultanément les deux électricités, voulut tirer tout le parti possible de cette nouvelle machine en perfectionnant les coussins. Pensant que, dans une machine bien entendue, on devait chercher autant à faciliter l'écoulement des fluides séparés qu'à surexciter cette séparation, il adapta aux coussins de Franklin des feuilles de clinquant, qu'il disposa de manière à séparer les morceaux de flanelle et à constituer la première et la dernière

couche. Une enveloppe de cuir recouvrant cet ensemble était clouée sur les plaques de bois, de sorte que la conductibilité du cuir était assurée par la feuille de clinquant placée immédiatement au-dessous, et la conductibilité du bois par la feuille de clinquant placée au-dessus. Pour augmenter même cette conductibilité, le savant professeur avait pratiqué dans l'enveloppe de cuir une foule de petits trous dans lesquels l'amalgame pouvait s'introduire, et qui établissaient ainsi une communication métallique entre la surface amalgamée et les feuilles de clinquant ; l'amalgame qu'il employait était d'ailleurs le même que celui imaginé par Kienmeier. Cette disposition des coussins était évidemment très-bonne. Pourtant, après la mort de Van Marum, ce procédé fut à peu près abandonné et même oublié, sans doute à cause de la difficulté d'appliquer convenablement l'amalgame et de le préparer. Ce fut alors que Ramsden imagina les coussins en cuir rembourrés de crin et recouverts d'or mussif que nous connaissons tous, et qui ont toujours été, depuis le commencement du siècle, employés pour les machines électriques, malgré les nombreux inconvénients qu'ils présentent.

M. Perrault Steiner, mécanicien à Francfort, ayant été souvent appelé à réparer des machines électriques, chercha à analyser les causes de leur mauvais fonctionnement et ne tarda pas à reconnaître qu'elles devaient généralement être attribuées à la mauvaise construction des coussins. Il rechercha alors les différents procédés qui avaient été employés jusque-là pour cette construction, et, après les avoir étudiés avec un soin minutieux, il parvint à en découvrir les défauts. Or, un défaut étant bien précisé, le remède devient facile à trouver, et c'est ainsi que cet habile artiste découvrit, en 1847, le procédé intéressant qu'il a soumis à la Société d'encouragement et qui a fait merveille, au dire de tous les professeurs de physique.

Les défauts des coussins de Ramsden sont de ne pas être assez conducteurs et d'être, à cause de l'or mussif qui les recouvre, trop hygrométriques. Cette substance, d'ailleurs, étant très-légère et se décomposant facilement par le frottement de la machine, il faut souvent la renouveler, et cette opération ne laisse pas que d'être assez délicate, car l'or mussif ne doit jamais être en excès et doit être préalablement desséché, soins qu'on ne prend presque jamais. Nous devons dire, toutefois, que M. Masson, notre ancien collègue, avait trouvé moyen d'atténuer beaucoup ces inconvénients en lavant l'or mussif. D'un autre côté, le système de Van Marum, quoique supérieur, avait également des inconvénients. Ainsi l'amalgame était trop dur, trop sec, et ne se conservant pas en poudre, on était forcé, chaque fois qu'on réamalgamait les coussins, de le préparer à nouveau. Il fallait, d'ailleurs, l'appliquer à chaud, et la composition de l'amalgame lui-même, pour qu'il fût dans de

bonnes conditions, était tellement difficile, qu'après la mort de Van Marum personne ne put continuer sa fabrication.

Pour obvier aux inconvénients de ce dernier système que M. Steiner regardait comme le meilleur, cet habile artiste introduisit d'abord du bismuth dans l'amalgame de Van Marum, addition qui, jointe à certains moyens de fabrication, permit au mélange de se conserver, sans s'altérer, à l'état pulvérulent et avec un degré de consistance convenable pour pouvoir être étalé facilement sur les coussins. D'un autre côté, pour rendre la conductibilité des coussins supérieure à celle que Van Marum leur avait donnée, il employa, au lieu de plusieurs feuilles de clinquant, une seule et même feuille d'étain repliée plusieurs fois sur elle-même, et dans les plis de laquelle étaient introduits les morceaux de flanelle. Enfin, pour maintenir longtemps les effets de l'amalgamation et éviter le cuir percé de Van Marum, il employa deux enveloppes extérieures recouvertes de son amalgame ; la première était constituée par une étoffe de coton pelucheuse, la seconde par un morceau de fort taffetas de soie, et l'amalgame était maintenu sur ces étoffes à l'aide de suif.

En définitive, les coussins de M. Steiner sont composés de la manière suivante :

1° D'une planchette en noyer très-sec, sur le côté extérieur de laquelle est collée une feuille de papier doré et verni, et dont la surface intérieure porte également collée une feuille d'étain repliée cinq fois sur elle-même et mise en contact avec la feuille dorée ;

2° De quatre morceaux de flanelle épaisse, introduits dans les plis de la feuille d'étain et constituant le rembourrage du coussin ;

3° D'une première enveloppe en molesquine (espèce de velours de coton), recouverte d'amalgame et clouée sur les contours de la planchette à l'aide de petites pointes bronzées ;

4° D'une seconde enveloppe en taffetas de soie également recouverte d'amalgame, mais fixée sur trois côtés seulement de la planchette, l'étoffe devant se prolonger de quelques centimètres sur le quatrième côté, de manière à suivre le plateau de verre dans sa rotation et empêcher ainsi la déperdition de l'électricité dont il est chargé.

Ces coussins sont adaptés sur les montants de la machine à l'aide de forts ressorts en acier, qui communiquent avec la feuille d'or dont il a été question et avec une chaîne métallique traînant à terre.

Enfin, pour éviter les pertes d'électricité par l'air entourant le plateau de verre, M. Steiner substitue aux capuchons en taffetas gommé, qui ont, sui-

vant lui, de grands inconvénients, des capuchons en soie boutonnés à chaque paire de coussins.

M. Steiner a appliqué son procédé à une foule de machines électriques en mauvais état, tant en France qu'en Allemagne, en Suisse, en Italie et en Belgique, et, grâce à lui, ces machines sont devenues excellentes, ainsi que le constatent les certificats très-nombreux que M. Steiner a montrés à votre commission. Votre rapporteur lui-même a été témoin de ces heureux résultats, et votre commission, s'associant aux nombreux témoignages de sympathie qui ont été accordés à M. Steiner, vous prie, Messieurs, de décider

1° Que des remerciements soient adressés à M. Steiner pour son intéressante communication ;

2° Que le présent rapport soit inséré au *Bulletin*.

Signé TH. DU MONCEL, *rapporteur*.

Approuvé en séance, le 17 décembre 1862.

ARTS MÉCANIQUES.

EXPOSÉ DES PRINCIPES DE LA THÉORIE MÉCANIQUE DE LA CHALEUR ET DE SES APPLICATIONS PRINCIPALES, PAR M. CH. COMBES.

Les relations générales qui existent entre la chaleur et le travail mécanique qu'elle est susceptible de produire sont, depuis près de quarante ans, le sujet des études de plusieurs physiciens et géomètres éminents. Leur ensemble constitue aujourd'hui une doctrine dont les principes sont confirmés par des expériences nombreuses et précises et par la conformité de certains faits constatés par l'observation directe aux prévisions théoriques. Ses conséquences sont du plus grand intérêt pour l'avancement de l'industrie ; car les notions admises autrefois sur les machines à feu, qui fournissent la plus grande partie du travail moteur consommé dans nos manufactures et sur nos voies de transport de terre et d'eau, doivent en recevoir des modifications essentielles. Un exposé de la théorie mécanique de la chaleur trouve donc naturellement sa place dans le *Bulletin*, et sa publication offre un caractère particulier d'opportunité, au moment où le public est mis en possession de plusieurs ouvrages et mémoires importants sur le même sujet, parmi lesquels il faut citer le second volume des expériences de M. Regnault et le livre où M. G. A. Hirn nous donne, à côté de la traduction de l'ouvrage du professeur Zeuner, de Zurich, les résultats remarquables de ses belles expériences et des études théoriques qui lui sont propres. J'ai visé surtout, dans la rédaction de ce

travail, à la simplicité et à la clarté. Je me borne à exposer les principes généraux, les faits qui paraissent être aujourd'hui définitivement acquis à la science et les conséquences pratiques qui en découlent. L'intelligence des formules analytiques, dont il m'était impossible d'éviter l'emploi, n'exige que les notions élémentaires du calcul infinitésimal. J'emploie, sans définition préalable, les expressions *quantité de chaleur, calorie, travail et quantité de travail mécanique, chaleurs spécifiques à volume constant, à pression constante, coefficient de dilatation par la chaleur, etc., etc.* Les lecteurs du *Bulletin* sont familiers avec ces termes, qui sont définis et entendus de la même manière, dans tous les traités modernes de physique et de mécanique.

CHAPITRE I.

Principes généraux.

I. Sadi-Carnot, dans un ouvrage publié en 1824, sous le titre de *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, a remarqué que le développement de travail moteur par l'action de la chaleur est toujours accompagné d'un rétablissement d'équilibre dans le calorique, c'est-à-dire de son passage d'un corps à un autre dont la température est plus basse, par l'intermédiaire d'un troisième corps qui est mis successivement en communication avec le premier et avec le second. Il a fait voir qu'il est possible, inversement, moyennant un travail mécanique extérieur convenablement exercé sur le corps intermédiaire, de faire remonter la chaleur du corps le plus froid à celui qui est le plus chaud. Il a établi qu'entre deux corps A et B, à des températures déterminées t et t' , le passage d'une même quantité de chaleur, par l'intermédiaire d'un troisième corps, correspond nécessairement à une même quantité de travail mécanique développé par la dilatation ou employé à la compression du corps intermédiaire, quelle que soit la nature de celui-ci, pourvu que, dans tout le cours de l'opération, il n'y ait de communication établie qu'entre des corps à températures égales ou plus exactement ne différant point entre elles de quantités finies, condition qui correspond au maximum de travail mécanique développé par le passage de la chaleur du corps le plus chaud au corps le plus froid. Ainsi, dans les idées de Carnot, le travail mécanique correspondrait à une chute de chaleur, et le rapport du travail obtenu à la quantité de chaleur dépendrait uniquement des températures fixes t et t' des corps A et B entre lesquelles elle est échangée. De ces considérations fort ingénieuses et justes, bien qu'incomplètes, Carnot et son commentateur, M. Clapeyron, ont su déduire, l'un à l'aide d'un raisonnement qu'il n'est pas toujours facile de suivre, l'autre avec le secours de l'analyse mathématique, des conséquences importantes relatives aux propriétés calorifiques des corps.

II. Des expériences très-précises sur les chaleurs spécifiques des corps, sur le développement de chaleur dans le frottement ou le choc, sur les variations de température qui accompagnent les changements de volume des fluides élastiques et les circonstances dans lesquelles ces variations se produisent, ont amené les physiciens et les géomètres

qui se sont occupés de ce sujet à reconnaître une relation directe de cause à effet entre la chaleur et le travail mécanique, et à introduire une modification profonde dans les principes de Carnot. Suivant la théorie nouvelle, tout travail mécanique produit par la dilatation d'un corps quelconque est accompagné d'une disparition de chaleur proportionnelle, et inversement tout travail mécanique exercé sur un corps donne lieu au développement d'une quantité de chaleur proportionnelle à ce travail.

Ainsi, qu'un gaz ou un autre corps augmente de volume en exerçant sur le milieu ambiant une pression qui soit constamment en équilibre avec sa force élastique et en éprouvant, par conséquent, de la part de ce milieu une réaction précisément égale, cette dilatation aura donné lieu à une quantité de travail et en même temps à une disparition de chaleur dont le rapport avec le travail obtenu sera toujours le même, quelle que soit la nature du corps, quelles que soient sa densité, sa force élastique et sa température au commencement et à la fin de l'opération. Qu'un gaz ou tout autre corps soit, au contraire, réduit, par le travail dû à des forces extérieures, à diminuer de volume, il y aura en même temps production d'une quantité de chaleur qui sera dans le même rapport constant avec le travail mécanique dépensé. Si l'accroissement ou la diminution du volume du corps a lieu sans aucun développement de travail moteur ou sans application de travail mécanique externe, la quantité de chaleur restera invariable. Si l'on opère sur un gaz tel que l'air atmosphérique sec, par exemple, dont la chaleur spécifique, d'après les dernières expériences de M. Regnault, reste invariable, quelles que soient sa température et sa densité, l'accroissement de volume de ce gaz, s'il ne donne lieu à aucun travail mécanique externe, ne sera accompagné d'aucun abaissement de la température. Les mesures les plus précises du travail mécanique dépensé dans le frottement de corps solides ou liquides, et de la chaleur développée par suite de ce frottement, ont donné pour le rapport de la chaleur au travail des valeurs très-rapprochées les unes des autres, et de celles que l'on a pu déduire des phénomènes de dilatation ou de compression des gaz. Les choses se passent donc comme si la chaleur se transformait en travail mécanique et réciproquement, une même quantité de chaleur correspondant toujours à une même quantité de travail, ce qui justifie les expressions, aujourd'hui devenues usuelles, *d'équivalent mécanique de la chaleur* et *d'équivalent calorifique du travail mécanique*.

D'après l'ensemble des expériences qui ont été faites jusqu'à ce jour, on est autorisé à prendre pour équivalent mécanique d'une *calorie* (quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré la température d'un kilogr. d'eau) un travail de 424 kilogr. élevés à 1 mètre de hauteur. L'équivalent calorifique de 1 kilogr. élevé à 1 mètre de hauteur serait, par suite, $\frac{1}{424}$ de calorie. C'est ce que nous exprimerons brièvement en disant que l'équivalent mécanique de la chaleur est 424, et que l'équivalent calorifique du travail est $\frac{1}{424}$.

Le principe nouveau n'exclut pas d'ailleurs les idées de Carnot. Dans les machines

à feu, en effet, le travail mécanique résulte de l'action d'un corps, qui est alternativement dilaté et condensé entre deux sources de chaleur à des températures différentes et généralement à peu près fixes, le foyer et le condenseur, et il y a transmission de chaleur de la source supérieure à la source inférieure par un corps intermédiaire. En renversant le mode d'action de ces machines, on conçoit la possibilité de leur imprimer un mouvement inverse par un travail mécanique externe et de réaliser ainsi le passage de la chaleur de la source inférieure à la source supérieure. Seulement, d'après la nouvelle théorie, la chaleur versée dans la source inférieure est toujours moindre que la chaleur empruntée à la source supérieure dans le mouvement direct, et la chaleur versée dans la source supérieure est plus grande que la chaleur empruntée à la source inférieure dans le mouvement inverse. Le travail mécanique obtenu dans le premier cas et dépensé dans le second est toujours l'équivalent de la différence entre les quantités de chaleur puisée et versée, c'est-à-dire de la chaleur qui a disparu ou qui s'est ajoutée pendant l'opération. Nous verrons de plus qu'entre deux sources à des températures données le rapport du travail mécanique à la quantité de chaleur transmise d'une source à l'autre demeure, comme le rapport du travail à la chaleur perdue ou gagnée, constant et indépendant de la nature du corps intermédiaire employé, pourvu que celui-ci revienne, après l'opération terminée, identiquement à son état primitif, ainsi que l'avait dit Carnot. La nouvelle théorie confirme donc à cet égard ses vues en les complétant.

L'usage du langage algébrique et les développements qui suivent feront bien comprendre en quoi ces deux théories se rapprochent et s'écartent l'une de l'autre.

III. Désignons par v le volume d'un corps sous l'unité de poids (1 kilogramme), par p sa force élastique, en vertu de laquelle il presse le milieu ambiant ou les corps environnants et est pressé par eux (p sera exprimé en kilogrammes par mètre carré de surface), par t sa température en degrés du thermomètre centigrade. De ces trois quantités deux suffisent pour déterminer la troisième. Ainsi, pour chaque corps, la température t est une certaine fonction F du volume et de la force élastique, de sorte que l'on a :

$$t = F(p, v).$$

La quantité de chaleur totale contenue dans un corps est la même, toutes les fois que son volume, sa force élastique et sa température sont les mêmes. Comme d'ailleurs la température est déterminée quand le volume et la force élastique le sont, la quantité totale de chaleur interne dépend, pour chaque corps, uniquement de son volume et de sa force élastique. Si donc U désigne cette chaleur totale, on aura entre U , p , v une relation de la forme :

$$U = f(p, v),$$

f étant une fonction différente de F .

Que le corps passe de la force élastique ou pression p et du volume v à une autre pression p_1 et à un volume v_1 , la température et la chaleur contenue changeront en

même temps, et l'on aura, en désignant par t_1 , U_1 les nouvelles valeurs de t et de U ,

$$t_1 = F(p_1, v_1),$$

$$U_1 = f(p_1, v_1),$$

donc :

$$t_1 - t = F(p_1, v_1) - F(p, v), \quad (1)$$

$$U_1 - U = f(p_1, v_1) - f(p, v). \quad (2)$$

Ainsi l'élévation de la température et l'accroissement de la chaleur interne du corps, en passant de la pression p et du volume v à la pression p_1 et au volume v_1 , ne dépendent que de l'état initial et final. Carnot admettait, avec tous les physiciens et les géomètres de son temps, que la chaleur définitivement reçue de l'extérieur, ou émise au dehors par le corps passant du premier état au second, ne différerait pas de l'accroissement ou de la diminution de la chaleur interne, de sorte qu'en désignant par Q cette quantité de chaleur on avait constamment $Q = U_1 - U$. Dans la théorie nouvelle, Q diffère de $U_1 - U$, toutes les fois que le passage du corps du premier état au second est accompagné d'un travail mécanique, exercé par lui sur les corps ambiants ou par les corps ambiants sur lui; ainsi la chaleur reçue par le corps ou émanée de lui et que nous appellerons la chaleur *dépensée*, en l'affectant du signe négatif lorsqu'elle sera au contraire recueillie ou produite, ne dépend pas seulement de l'état initial et final du corps, mais des états intermédiaires par lesquels il a passé pour arriver du premier au second. Si le corps, dans les changements graduels de volume qu'il éprouve, exerce constamment sur les corps ambiants et éprouve réciproquement de leur part une pression égale à sa propre force élastique, et si ses molécules parties de l'état de repos reviennent à la fin à l'état de repos, ou plus exactement si la somme des forces vives dont elles sont animées est la même avant et après le changement d'état, le travail mécanique développé par la dilatation du corps sera, comme on le fait voir dans les traités élémentaires de mécanique, exprimé par l'intégrale $\int_v^{v_1} p dv$, qui peut être positive ou négative. A dési-

gnant l'équivalent calorifique du travail, la quantité de chaleur $A \int_v^{v_1} p dv$ aura dis-

paru ou aura été produite pendant le changement d'état du corps et ne contribuera en rien à l'accroissement positif ou négatif de sa chaleur interne. On aura, dans tous les cas, l'équation :

$$Q = U_1 - U + A \int_v^{v_1} p dv. \quad (3)$$

Si l'on suppose que la force élastique et le volume varient non plus de quantités finies, mais de quantités infiniment petites dp et dv , $t_1 - t$, $U_1 - U$ deviendront les différentielles dt et dU . Q sera aussi une quantité infiniment petite que nous désignerons par dQ , et les équations (1), (2) et (3) seront remplacées par leurs différentielles, qui sont :

$$dt = \left(\frac{dt}{dp}\right) dp + \left(\frac{dt}{dv}\right) dv,$$

$$dU = \left(\frac{dU}{dp}\right) dp + \left(\frac{dU}{dv}\right) dv,$$

$$dQ = dU + A p dv = \left(\frac{dU}{dp}\right) dp + \left[\left(\frac{dU}{dv}\right) + A p\right] dv,$$

$\left(\frac{dt}{dp}\right)$, $\left(\frac{dt}{dv}\right)$, $\left(\frac{dU}{dp}\right)$, $\left(\frac{dU}{dv}\right)$ désignent les dérivées partielles par rapport à chacune des variables p et v des fonctions respectives $F(p, v) = t$ et $f(p, v) = U$. Ces dérivées sont elles-mêmes des fonctions de p et de v . Je désignerai, pour rendre les raisonnements qui suivent plus faciles à suivre, la dérivée de $F(p, v)$ par rapport à la variable p , par la notation $F'_p(p, v)$, et par des notations analogues les autres dérivées partielles des fonctions F et f : moyennant cette notation, $\left(\frac{dt}{dp}\right)$ sera remplacé par $F'_p(p, v)$; $\left(\frac{dt}{dv}\right)$ par $F'_v(p, v)$; $\left(\frac{dU}{dp}\right)$ par $f'_p(p, v)$; $\left(\frac{dU}{dv}\right)$ par $f'_v(p, v)$. Les équations précédentes prennent ainsi la forme :

$$dt = F'_p(p, v) dp + F'_v(p, v) dv, \quad (a)$$

$$dU = f'_p(p, v) dp + f'_v(p, v) dv, \quad (b)$$

$$dQ = f'_p(p, v) dp + [f'_v(p, v) + A p] dv. \quad (c)$$

Les seconds membres des équations (a) et (b) sont les différentielles exactes et complètes de $F(p, v)$ et $f(p, v)$. Les principes élémentaires du calcul différentiel nous enseignent que la dérivée de $F'_p(p, v)$ par rapport à v , que nous désignerons, conformément à la notation convenue, par $F''_{p,v}(p, v)$, est égale à la dérivée de $F'_v(p, v)$ par rapport à p ,

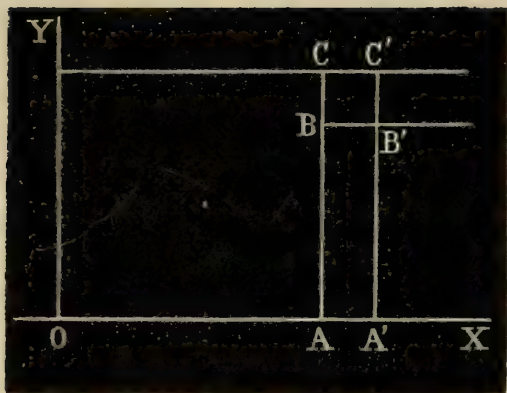
$$F''_{p,v}(p, v) = F''_{v,p}(p, v),$$

de même

$$f''_{p,v}(p, v) = f''_{v,p}(p, v).$$

Dans le second membre de l'équation (c), la dérivée par rapport à v du coefficient de dp sera $f''_{p,v}(p, v)$; la dérivée par rapport à v du coefficient de dv est $f'_{v,p}(p, v) + A$. Pour que le second membre de l'équation (c) fût une différentielle exacte d'une certaine fonction de p et de v , il faudrait que l'on eût $f''_{p,v}(p, v) = f'_{v,p}(p, v) + A$, ce qui est impossible, tant que A n'est pas nul, puisque $f''_{p,v}(p, v) = f''_{v,p}(p, v)$. Il suit de là que Q ne peut être exprimé d'une manière générale en fonction des valeurs initiales et finales de p et de v .

IV. Les principes fondamentaux de la théorie nouvelle sont pleinement confirmés par les expériences récentes de MM. Joule, Clausius, Regnault, Hirn, etc.; ils peuvent aussi être établis a priori par des considérations très-simples.



Représentons par l'abscisse OA et l'ordonnée AB le volume v et la force élastique ou pression p d'un corps quelconque sous l'unité de poids. Soit un point C' infiniment voisin du point B sur la figure, et dont nous supposons, pour fixer les idées, que les deux coordonnées OA' et $A'C'$ surpassent respectivement les coordonnées OA et AB . Il sera toujours possible, au moyen d'une addition de chaleur, d'amener le corps du volume v , représenté par AB , au volume $v + dv$

représenté par OA' et de la pression p représentée par AB à la pression $p + dp$ représentée par $A'C'$, et cela, en procédant d'une infinité de manières différentes.

1° Menons par le point C' une parallèle à l'axe des abscisses, qui coupera en un point C le prolongement de l'ordonnée AB , et par le point B une autre parallèle au même axe qui coupera en B' l'ordonnée $A'C'$. Pour amener le corps de l'état primitif représenté, quant à la pression et au volume, par la situation du point B à l'état infiniment voisin représenté par la situation du point C' , on peut concevoir qu'on le chauffe d'abord, en maintenant son volume absolument invariable, jusqu'à ce que sa force élastique, qui croîtra nécessairement, ainsi que la température, par l'addition de chaleur, soit devenue égale à $p + dp$ représenté par l'ordonnée AC égale à $A'C'$; soit ε la chaleur qu'il aura fallu dépenser pour obtenir ce résultat. — Que le corps dont le volume est toujours v et dont la pression est devenue $p + dp$ soit maintenant chauffé de nouveau et soit libre de se dilater en exerçant sur le milieu ambiant et supportant de sa part la pression invariable $p + dp$, jusqu'à ce que son volume ait augmenté de dv représenté par CC' ; soit ε' la chaleur qu'il aura fallu dépenser pour obtenir ce deuxième résultat. Voici donc le corps amené du premier état au second par le chemin BCC' et moyennant une dépense totale de chaleur égale à $\varepsilon + \varepsilon'$. En se dilatant, il aura exercé sur le milieu ambiant une pression constamment égale à $p + dp$, et donné lieu, par conséquent, à un travail mécanique externe représenté par l'aire du rectangle $ACC'A'$ et exprimé algébriquement par le produit $(p + dp) dv$ de sa hauteur $AC = p + dp$ par sa base infiniment petite $AA' = CC' = dv$. Il est clair, en outre, qu'il est possible de ramener le corps de l'état final représenté par la situation du point C' à l'état primitif représenté par le point B , en le faisant rétrograder par le même chemin $C'CB$ suivi au rebours, c'est-à-dire en lui enlevant d'abord la quantité de chaleur ε' , tandis qu'il se contractera sous la pression constante $p + dp$, ce qui aura évidemment pour résultat de ramener son volume de $v + dv$ à v ; puis en lui enlevant la quantité de chaleur ε , en l'empêchant de se contracter et le maintenant par l'application de forces convenables, au besoin, sous le volume déjà acquis v . Le résultat final de cette deuxième soustraction de chaleur sera évidemment de le ramener de la pression $p + dp$ à la pression p . Ainsi il sera revenu à son état primitif par la soustraction d'une quantité de chaleur égale à celle qu'il avait fallu dépenser pour le faire passer du premier état au second. Dans le retour à l'état primitif, la contraction du corps aura donné lieu à un travail

mécanique exercé sur le corps par le milieu ambiant, et représenté par le rectangle $AA'C'C$ et exprimé par le produit $(p + dp) dv$. Ainsi, finalement, la chaleur dépensée aura été intégralement et exactement restituée. Le travail mécanique exercé d'abord par le corps sur le milieu ambiant aura été compensé par un travail mécanique exactement égal, exercé par le milieu ambiant sur lui.

2° On peut aussi concevoir que le corps à la pression p et sous le volume v soit d'abord chauffé, avec liberté de se dilater sous la pression p maintenue constante, jusqu'à ce que son volume ait augmenté de dv représenté par $BB' = AA'$, soit ε_1' la quantité de chaleur qu'il aura fallu dépenser pour obtenir ce résultat; puis, qu'arrivé au volume $v + dv$ il soit encore chauffé, le volume étant maintenu constant, jusqu'à ce que la pression ait augmenté de $dp = B'C'$ et soit devenue $p + dp$; soit ε_1 la quantité de chaleur qu'il aura fallu dépenser pour obtenir ce second résultat. En se dilatant du volume v au volume $v + dv$, sous la pression constante p , le corps aura exercé sur le milieu ambiant un travail mécanique représenté par l'aire du rectangle $ABB'A'$ et exprimé algébriquement par le produit $p \times dv$ de sa hauteur $AB = p$ par sa base infiniment petite $AA' = dv$. Il est clair aussi que, par la soustraction de chaleur $\varepsilon_1 + \varepsilon_1'$ qu'il a fallu dépenser, on pourrait ramener le corps à son état initial, en rétrogradant par le chemin $C'B'B$ suivi au rebours et que, dans cette marche rétrograde, le milieu ambiant aurait exercé sur le corps un travail mécanique représenté par le rectangle $A'B'BA$ et exprimé par le produit $p dv$. On voit, en résumé, que les quantités de travail mécanique exercées ou subies par le corps, s'il est permis de s'exprimer ainsi, durant le passage de l'état représenté par le point B à l'état représenté par le point C' , sont inégales, suivant que le corps arrive d'un état à l'autre en passant par le chemin BCC' ou par le chemin $BB'C'$. La différence entre ces quantités de travail est représentée dans la figure par le rectangle à côtés infiniment petits $BCC'B'$ et, exprimée algébriquement par le produit $dp dv$, égal à la différence $(p + dp) dv - p dv$.

Concevons maintenant que le corps soit amené de l'état B à l'état C' (qu'on nous permette d'employer, pour abrégé, cette locution dont le sens ne peut rien avoir d'équivoque) par le chemin BCC' , avec une dépense de chaleur $\varepsilon + \varepsilon'$ et la production de travail mécanique $(p + dp) dv$; puis qu'il soit ramené de l'état C' à l'état primitif B , par le chemin $C'B B$; il aura restitué la chaleur $\varepsilon_1' + \varepsilon_1$ et subi de la part du milieu ambiant un travail mécanique $p dv$.

Voici donc le corps ramené à l'état primitif B , après une évolution complète, durant laquelle il a été produit, en définitive, un travail mécanique égal à $(p + dp) dv - p dv = dp dv$. Il est impossible d'admettre que la quantité de chaleur $\varepsilon + \varepsilon'$ que le corps a reçue d'abord en allant de B à C par C soit égale ou inférieure à la quantité de chaleur $\varepsilon_1' + \varepsilon_1$ qu'il a abandonnée ou restituée, en revenant de C' à B en passant par B' ; car une telle supposition impliquerait la conséquence absurde d'un développement spontané, gratuit de travail mécanique, sans aucune dépense de chaleur, ou la conséquence plus absurde encore d'une production gratuite et spontanée de travail mécanique et de chaleur tout à la fois. On a donc nécessairement $\varepsilon + \varepsilon' > \varepsilon_1' + \varepsilon_1$. Donc nous pouvons affirmer que la quantité de chaleur né-

cessaire pour modifier simultanément la pression et le volume d'un corps quelconque de quantités infiniment petites ne dépend pas uniquement des modifications finales, mais qu'elle dépend encore de la marche suivie pour les réaliser.

V. On peut aller plus loin et démontrer que le rapport de la quantité de chaleur définitivement dépensée, dans une évolution complète d'un corps quelconque qui revient exactement à son état primitif, après avoir passé par plusieurs états intermédiaires, au travail mécanique définitivement réalisé est un nombre invariable pour tous les corps et dans toutes les circonstances. En effet, supposons qu'il soit possible d'obtenir, au moyen d'un corps X, une quantité de travail τ avec une dépense définitive de chaleur η , telle que le rapport $\frac{\eta}{\tau} = A$ et, avec un autre corps Y, une quantité de travail τ' ,

avec une dépense définitive de chaleur η' telle que le rapport $\frac{\eta'}{\tau'}$ soit égal à A' différent de A . Par un nombre m d'évolutions complètes et semblables du corps X, nous obtiendrons une quantité de travail mécanique $m\tau$ avec une dépense totale de chaleur égale à $m\eta$, et nous aurons, conformément à l'hypothèse, $m\tau = \frac{m\eta}{A}$.

Pour un nombre n d'évolutions complètes du corps Y, inverses de celles par lesquelles le corps X aura passé, nous dépenserons un travail mécanique externe égal à $n\tau'$; nous en obtiendrons une quantité de chaleur libre $n\eta'$ et, conformément encore à l'hypothèse posée, nous aurons $n\tau' = \frac{n\eta'}{A'}$.

En réunissant les m évolutions directes de X aux n évolutions inverses de Y, nous aurons, en définitive, dépensé une quantité de chaleur $m\eta - n\eta'$ et obtenu une quantité de travail mécanique $m\tau - n\tau' = \frac{m\eta}{A} - \frac{n\eta'}{A'}$. Si nous choisissons les nombres m et n dont nous sommes maîtres de disposer, tels qu'ils soient en raison inverse de η et de η' , nous aurons $m\eta = n\eta'$, c'est-à-dire que la chaleur dépensée sera nulle. Il faut donc aussi que le travail mécanique définitivement obtenu $m\tau - n\tau'$ soit nul également; car la supposition contraire impliquerait la production gratuite ou la destruction spontanée de travail mécanique, ce qui est absurde. Donc on doit avoir $m\tau - n\tau' = 0$, en même temps que $m\eta - n\eta' = 0$, ce qui ne peut avoir lieu qu'autant que A' ne diffère pas de A . Donc le rapport $\frac{\eta}{\tau}$ de la quantité de chaleur dépensée ou produite au travail mécanique obtenu ou dépensé est un nombre absolu, invariable pour tous les corps et dans toutes les circonstances. Ce rapport invariable, que nous désignerons par A , est l'équivalent calorifique du travail; inversement $\frac{1}{A}$ sera l'équivalent mécanique de la chaleur.

Désignons par c_1 la chaleur spécifique d'un corps à volume constant et par c sa chaleur spécifique à pression constante : reportons-nous à la figure du § IV. La chaleur dépensée pour obtenir un accroissement $BC = dp$ de la pression p du corps, son volume $OA = v$ demeurant constant, sera, par la définition même, $c_1 \delta t$, δt désignant l'accrois-

sement infiniment petit de la température t correspondant à l'accroissement infiniment petit dp de la pression. L'équation (a), § III, nous fournit d'ailleurs l'expression de δt en fonction de dp ; δt n'est, en effet, autre chose que la valeur de dt , correspondant à une variation nulle du volume v , c'est-à-dire à $dv = 0$. En faisant $dv = 0$, dans le second membre de l'équation (a), nous avons :

$$dt = \delta t = F'_p(p, v) dp \quad \text{et} \quad c_1 \delta t = c_1 F'_p(p, v) dp.$$

La quantité de chaleur dépensée pour obtenir l'accroissement dv du volume du corps, tandis que la force élastique demeure constante et égale à $p + dp$, sera, par la définition même, $c \delta' t$; $\delta' t$ désignant l'accroissement de température correspondant à l'accroissement dv du volume. L'équation (a) nous fournira la valeur de $\delta' t$, en faisant dans son second membre $dp = 0$ et en y remplaçant p par $p + dp$, nous trouvons ainsi :

$$dt = \delta' t = F'_v(p + dp, v) dv \quad \text{et} \quad c \delta' t = c F'_v(p + dp, v) dv.$$

La chaleur totale dépensée pour amener le corps de l'état B à l'état C' par le chemin BCC' est donc :

$$c_1 F'_p(p, v) dp + c F'_v(p + dp, v) dv. \quad (m)$$

On trouvera de même que la quantité de chaleur nécessaire pour amener le corps de l'état B à l'état C' par le chemin BB'C', ou pour ramener le corps de C' à B, en rétrogradant, par le même chemin, est :

$$c F'_v(p, v) dv + c_1 F'_p(p, v + dv) dp. \quad (n)$$

c et c_1 doivent être considérés comme ayant les mêmes valeurs dans les expressions (m) et (n), pourvu que les chaleurs spécifiques c et c_1 varient d'une façon continue avec le volume et la force élastique, ou, en d'autres termes, soient des fonctions continues de la pression p et du volume v , et par conséquent de la température t . Sous cette réserve, l'état B étant infiniment voisin de l'état C', les valeurs de c et de c_1 relatives au second état ne peuvent différer de celles qui se rapportent au premier que de quantités infiniment petites; ces différences n'introduiraient donc dans chacune des expressions (m) et (n) qu'un terme infiniment petit du second ordre, qui disparaît devant les autres termes infiniment petits du premier ordre.

Il suit de ce qui précède que la dépense définitive de chaleur, pour une évolution complète du corps partant de l'état B pour y revenir, en passant par les états successifs C, C' et B', suivant le périmètre fermé BCC'B'B, est égale à la différence des expressions (m) et (n), laquelle peut être mise sous la forme :

$$c \left[F'_v(p + dp, v) - F'_v(p, v) \right] dv - c_1 \left[F'_p(p, v + dv) - F'_p(p, v) \right] dp.$$

Or $F'_v(p + dp, v) - F'_v(p, v) = F''_{v,p}(p, v) dp,$

$$F'_p(p, v + dv) - F'_p(p, v) = F''_{p,v}(p, v) dv.$$

Nous avons vu que $F''_{v,p}(p, v) = F''_{p,v}(p, v);$

donc la dépense de chaleur se réduit en définitive à :

$$(c - c_1) F''_{p,v}(p, v) dpdv.$$

Le travail mécanique obtenu étant, comme nous l'avons vu, exprimé par le produit $dpdv$, le rapport de la chaleur au travail est $(c - c_1) F''_{p,v}(p, v)$, et l'on a par conséquent :

$$(c - c_1) F''_{p,v}(p, v) = A,$$

A désignant l'équivalent calorifique du travail. En usant de l'algorithme du calcul différentiel, $F''_{p,v}(p, v) = F''_{v,p}(p, v)$ n'est autre chose que

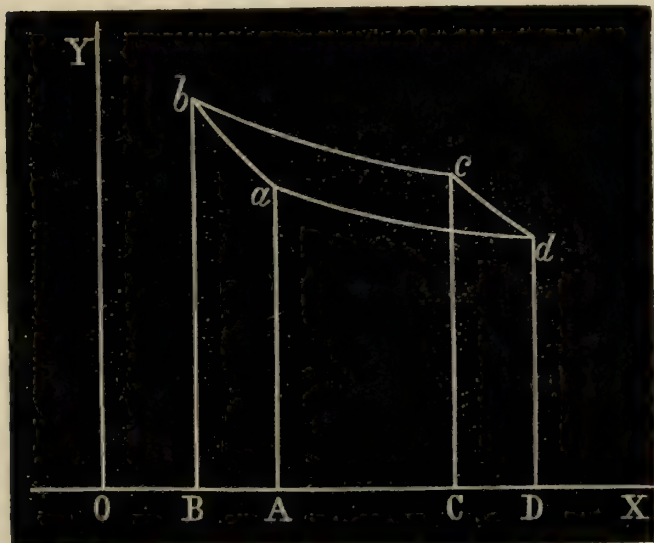
$$\frac{d^2F(p, v)}{dpdv} = \frac{d^2t}{dpdv},$$

et l'équation précédente peut être écrite ainsi :

$$(c - c_1) \frac{d^2t}{dpdv} = A. \quad (I)$$

Cette relation, très-simple, est tout à fait générale et s'applique à tous les corps pris à des températures et sous des volumes ou densités quelconques, sous la réserve que c et c_1 sont des fonctions continues de p et de v . Elle permet de déterminer l'une des quantités A , c et c_1 , lorsque l'on connaît les deux autres, la pression et le volume du corps et l'expression de la température en fonction de ce volume et de cette pression. S'il existe des corps pour lesquels la température soit une fonction $F(p, v)$ du volume et de la force élastique, telle que l'on ait $\frac{d^2t}{dpdv} = C$, C désignant une quantité constante,

on aura $c - c_1 = \frac{A}{C}$, ce qui montre que, dans ce cas, la différence des deux chaleurs spécifiques serait invariable, indépendante de la pression, du volume et de la température. Les gaz qui suivraient exactement, dans leurs changements de volume, les lois de Mariotte et de Gay-Lussac seraient dans ce cas; Carnot est arrivé en 1824 au même résultat. Nous reviendrons sur ce sujet dans le chapitre où nous traiterons des gaz permanents.



VI. Considérons maintenant un corps quelconque dont le poids soit égal à l'unité, dont le volume V soit représenté par l'abscisse OA et la pression p par l'ordonnée Aa . Soit t_0 la température de ce corps. Imaginons, suivant le mode de raisonnement employé par Carnot et M. Clapeyron, que le corps soit comprimé par des forces extérieures, sans addition ni soustraction de chaleur. Son volume diminuera et deviendra, par exemple, OB , moindre que OA ; la pression et la température augmenteront. Soient Bb la pression

correspondante au volume diminué OB , et t_1 la température acquise à la fin de cette compression. Enfin, soit ab la courbe déterminée par les extrémités des ordonnées qui mesurent les pressions variables entre le volume OA et le volume OB . Laissons maintenant le corps se dilater et supposons que, pendant l'augmentation de volume, sa température t_1 soit maintenue constante par la chaleur qu'il reçoit d'une source indéfinie de chaleur à la température t_1 . Soient bc la courbe des pressions variables entre le volume OB et le volume agrandi OC ; Cc l'ordonnée qui mesure la pression correspondante à ce dernier volume. Isolons actuellement le corps de la source de chaleur à la température t_1 et laissons celui-ci se dilater encore, sans aucune addition ni soustraction de chaleur, jusqu'à ce que sa température, qui ira nécessairement en décroissant, soit redevenue égale à t_0 . Soient OD et Dd le volume et la pression correspondante. Mettons alors le corps en communication avec une source indéfinie de chaleur à la température t_0 , qui le maintiendra à cette température, tandis qu'il sera comprimé par l'application de forces extérieures jusqu'à ce qu'il soit revenu à son volume primitif OA et par conséquent aussi à sa pression primitive Aa , puisque la température t_0 est la même qu'à l'origine; ad est la courbe des pressions variables et croissantes pendant la compression du corps. Le résultat définitif de cette évolution complète du corps sera manifestement une quantité de travail mécanique extérieur, mesuré par l'aire du quadrilatère curviligne $abcd$. Désignant par Q la chaleur puisée à la source supérieure et moyennant laquelle sa température t_1 a été maintenue, pendant la dilatation du volume OB au volume OC , par Q' la quantité de chaleur versée dans la source inférieure et par suite de laquelle le corps a été maintenu à la température t_0 , pendant qu'il était ramené, par des forces extérieures, du volume OD au volume primitif OA , la différence $Q - Q'$ de ces deux quantités de chaleur aura disparu durant l'évolution complète du corps, puisqu'il est revenu exactement à l'état dans lequel il se trouvait à l'origine, et, conformément à la nouvelle théorie, nous aurons, en appelant T le travail mécanique obtenu, mesuré par la surface du quadrilatère curviligne $abcd$, par A l'équivalent calorifique du travail mécanique :

$$Q - Q' = AT.$$

On peut aussi concevoir que le corps, dans une évolution complète inverse de la précédente, partant toujours du volume OA , de la pression Aa et de la température t_0 , se soit d'abord dilaté du volume OA au volume OD , en puisant dans la source de chaleur inférieure la chaleur nécessaire pour le maintenir à la température primitive t_0 , quantité de chaleur qui serait manifestement la même que nous avons précédemment désignée par Q' ; puis, qu'étant isolé de la source de chaleur, il soit comprimé par des forces extérieures, sans addition ni soustraction de chaleur, jusqu'à ce qu'il ait acquis, par l'effet même de la compression, la température t_1 (il est évident que son volume serait alors devenu égal à OC et sa pression à Cc); puis que le corps, mis en communication avec la source supérieure de chaleur, soit comprimé par l'action de forces extérieures jusqu'à ce que son volume soit devenu égal à OB et sa pression à Bb , la température étant toujours t_1 ; qu'enfin il soit alors isolé de la source supérieure et qu'il se

dilate, sans addition ni soustraction de chaleur, jusqu'à ce que sa température soit redescendue, par l'effet de la dilatation même, de t_1 à t_0 ; son volume et sa pression seront en même temps revenus à leurs valeurs initiales : en un mot, le corps aura fait une évolution complète, durant laquelle les extrémités des ordonnées mesurant les pressions successives auront décrit le même quadrilatère curviligne $adcb$ que dans l'évolution directe, mais en sens inverse. Ici, le travail mécanique dépensé par les forces extérieures pour opérer la compression du corps, en deux périodes successives, de OD à OC et de OC à OB, surpassera le travail mécanique dû à la dilatation de OB à OA et de OA à OD, et la différence sera encore mesurée par l'aire du quadrilatère curviligne. La chaleur puisée par le corps à la source inférieure, tandis qu'il se dilatait, à la température constante t_0 , de OA à OD sera égale à Q' , et le corps aura versé dans la source supérieure, pendant qu'il était comprimé de OC à OB, une quantité Q plus grande que Q' . La différence $Q - Q'$ sera encore égale à AT , T étant le travail mécanique définitivement dépensé, lequel est mesuré par l'aire du quadrilatère curviligne $abcd$.

En définitive, la première évolution, que nous appellerons *évolution directe*, se résume ainsi qu'il suit :

Quantité de chaleur puisée à la source supérieure à la température t_1	Q
Quantité de chaleur versée à la source inférieure à la température t_0 , ou qui a été transmise par le corps de la source la plus chaude à la source la moins chaude.	Q'
Chute de chaleur (produit de la chaleur transmise par l'écart des températures).	$Q' (t_1 - t_0)$
Quantité de chaleur qui a disparu.	$Q - Q'$
Travail mécanique obtenu.	$T = \frac{Q - Q'}{A}$

Les circonstances de la deuxième évolution, que nous appelons *évolution inverse*, se résument ainsi :

Quantité de chaleur puisée à la source inférieure à la température t_0	Q'
Quantité de chaleur versée dans la source supérieure à la température t_1	Q
Ascension de chaleur (produit de la chaleur transmise par l'écart des températures).	$Q' (t_1 - t_0)$
Quantité de chaleur gagnée ou créée.	$Q - Q'$
Travail mécanique dépensé.	$T = \frac{Q - Q'}{A}$

Remarquons qu'après deux évolutions du corps, l'une directe et l'autre inverse, les quantités de chaleur empruntées et restituées à chacune des sources de chaleur se compensent exactement, de sorte qu'aucune d'elles n'a ni perdu ni gagné de

chaleur, de même que le travail mécanique obtenu est précisément compensé par le travail mécanique dépensé. Il doit en être ainsi; car les deux sources de chaleur sont supposées parfaitement isolées l'une de l'autre; elles ne se transmettent de la chaleur que par l'intermédiaire du corps dont les changements de volume sont effectués avec production ou par application d'un travail mécanique extérieur, et de plus la chaleur ne passe de la source au corps ou inversement que par le fait même du travail mécanique dû à la dilatation ou appliqué à la compression, puisque le corps, tandis qu'il est en communication avec l'une des sources, est toujours supposé à la même température qu'elle. Il est donc impossible de concevoir une cause pour laquelle, à la suite de quantités de travail mécanique qui se compensent exactement, et alors que le corps ou les corps intermédiaires sont revenus exactement à leur état primitif de température, de pression et de volume, l'une des sources se trouverait avoir perdu ou gagné de la chaleur.

VII. Il résulte de ces considérations que, dans une évolution complète d'un corps quelconque entre deux sources de chaleur à des températures fixes et déterminées t_0 et t_1 , le travail mécanique définitivement acquis ou dépensé n'est pas seulement dans un rapport constant avec la chaleur perdue ou gagnée $Q - Q'$, mais qu'il est aussi dans des rapports constants avec chacune des quantités de chaleur Q et Q' puisées ou versées par le corps intermédiaire dans chacune des sources, quelle que soit la nature de ce corps.

Soient, en effet, T le travail mécanique définitivement produit par un corps X , dans une évolution complète semblable à celle que nous avons décrite, entre deux sources de chaleur, aux températures t_0 et t_1 ; Q , Q' les quantités de chaleur respectivement empruntée à la source supérieure (t_0) et amenée à la source inférieure (t_1); A l'équivalent calorifique du travail; nous aurons $\frac{Q - Q'}{T} = A$. Soient T_1 le travail mécanique définitivement produit par un autre corps Y , dans une évolution complète entre les deux mêmes sources de chaleur; Q_1 , Q'_1 les quantités de chaleur respectivement empruntée à la première (t_0) et amenée à la seconde (t_1), nous aurons,

$$\frac{Q_1 - Q'_1}{T_1} = A.$$

Je dis de plus que l'on aura aussi :

$$\frac{Q}{T} = \frac{Q_1}{T_1} = C,$$

$$\frac{Q'}{T} = \frac{Q'_1}{T_1} = C',$$

C et C' étant des nombres constants et indépendants de la nature des corps X et Y .

Concevons, en effet, que le corps X fasse un nombre m d'évolutions complètes et directes entre les sources de chaleur données (j'appelle évolution directe celle qui procure définitivement un travail mécanique exercé par le corps sur le milieu ambiant).

Le travail mécanique réalisé sera mT , la quantité de chaleur puisée à la source supérieure mQ , la chaleur versée dans la source inférieure mQ' , et l'on aura,

$$mT = \frac{1}{A} (mQ - mQ').$$

Que le corps Y exécute un nombre n d'évolutions complètes et inverses entre les deux sources (j'appelle évolution inverse celle qui exige définitivement un travail mécanique externe appliqué à la compression du corps); le travail mécanique dépensé sera nT_1 , la chaleur puisée dans la source inférieure sera nQ'_1 , et la chaleur versée dans la source supérieure nQ_1 ; nous aurons

$$nT_1 = \frac{1}{A} (nQ_1 - nQ'_1).$$

Prenons les nombres arbitraires m et n inversement proportionnels à T et T_1 , de façon que l'on ait $\frac{T}{T_1} = \frac{n}{m}$; on aura aussi $mT = nT_1$, et par conséquent

$$mQ - mQ' = nQ_1 - nQ'_1.$$

Les quantités de travail mécanique obtenues et dépensées, dans tout l'ensemble des opérations, se compenseront exactement et donneront une somme algébrique nulle. Il n'y aura donc aucune raison pour que l'une quelconque des deux sources ait définitivement perdu ou gagné de la chaleur. Les quantités empruntées devront être exactement compensées par les quantités versées dans chacune d'elles.

Or la chaleur empruntée à la source supérieure est. mQ

La chaleur versée dans la même source est. nQ_1

donc $mQ = nQ_1$ et $\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{m}$.

De même la chaleur empruntée à la source inférieure est. nQ'_1

La chaleur amenée à la même source est. mQ'

donc $mQ' = nQ'_1$ et $\frac{Q'}{Q'_1} = \frac{n}{m}$.

D'ailleurs, de l'équation $mQ - mQ' = nQ_1 - nQ'_1$, il résulte que :

$$\frac{Q - Q'}{Q_1 - Q'_1} = \frac{n}{m};$$

donc :

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{Q'}{Q'_1} = \frac{Q - Q'}{Q_1 - Q'_1} = \frac{T}{T_1};$$

donc :

$$\frac{Q}{T} = \frac{Q_1}{T_1} = C; \quad \frac{Q'}{T} = \frac{Q'_1}{T_1} = C'.$$

Ainsi, pour des températures fixes et déterminées des deux sources de chaleur, le

rapport du travail mécanique obtenu est dans des rapports constants avec la quantité de chaleur puisée à la source supérieure et avec la quantité de chaleur transmise à la source inférieure, quelle que soit la nature du corps employé comme intermédiaire. C'est le principe posé par Carnot, modifié seulement en ce que la chaleur transmise n'est pas égale, comme l'admettait Carnot, à la chaleur puisée à la source supérieure.

Des équations

$$\frac{Q}{T} = \frac{Q_1}{T_1} = C,$$

$$\frac{Q'}{T} = \frac{Q'_1}{T_1} = C',$$

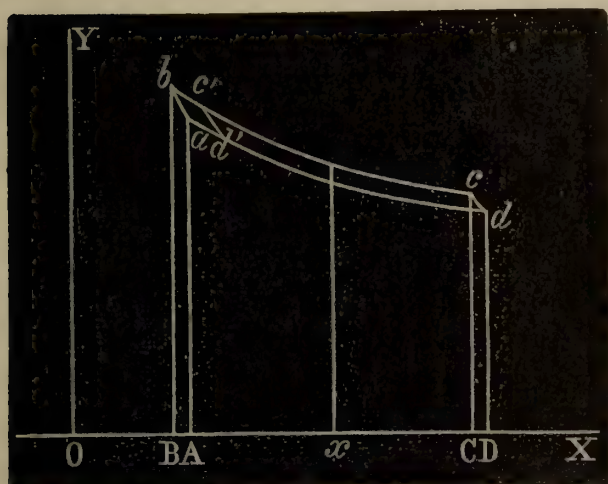
on tire, en les divisant membre à membre,

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{Q_1}{Q'_1} = \frac{C}{C'}.$$

On voit donc que, si le rapport $\frac{Q}{Q'}$ de la chaleur puisée à la source supérieure à la chaleur transmise à la source inférieure n'est pas, dans tous les cas, égal à 1, comme l'admettait Carnot, ce rapport reste néanmoins invariable et indépendant de la nature du corps employé comme intermédiaire entre deux sources de chaleur à des températures déterminées. Ce rapport dépend donc seulement des températures t_0 et t_1 de ces deux sources.

VIII. Supposons que l'écart entre les températures des deux sources soit infiniment petit ; t désignant la température de la source inférieure, $t + dt$ sera celle de la source supérieure. On aura toujours, en conservant, d'ailleurs, les mêmes notations que précédemment, l'équation :

$$Q - Q' = AT,$$



dans laquelle le travail T est mesuré par l'aire du quadrilatère curviligne $abcd$, dont les deux côtés finis ad et bc s'écartent infiniment peu l'un de l'autre. Il suffit d'un coup d'œil jeté sur la figure, pour voir que la différence entre les ordonnées de ces deux courbes correspondantes à une même abscisse quelconque Ox du corps est la mesure de l'accroissement de force élastique correspondant à l'élévation infiniment petite dt de la température t , sous le volume constant v représenté par Ox . Cet accroissement de force

élastique correspondant au volume v étant représenté par dp , les éléments du calcul intégral apprennent qu'en négligeant les infiniment petits du second ordre l'aire du

quadrilatère curviligne est exprimée par l'intégrale $\int_{v_0}^v dp dv$, v_0 désignant le volume ini-

tial OA et v le volume final OD. Nous pouvons donc substituer au travail mécanique obtenu T l'intégrale $\int_{v_0}^v dp dv$, ce qui donne

$$Q - Q' = A \int_{v_0}^v dp dv. \quad (a)$$

Rappelons encore que dp est l'accroissement de la pression p qui correspond à un accroissement dt de la température, le volume v demeurant invariable.

Q' est la quantité de chaleur nécessaire pour maintenir la température du corps invariablement égale à t , tandis qu'il se dilate du volume $v_0 = OA$ au volume $OD = v$. Cette quantité de chaleur dépendra de la nature du corps et de la température t , dont elle sera une fonction que nous désignerons par $F(t)$.

Q est la quantité de chaleur nécessaire pour maintenir la température du même corps invariablement égale à $t + dt$, tandis qu'il se dilate entre les mêmes limites de volume v_0 et v ; donc Q est précisément ce que devient Q' lorsque, toutes choses restant d'ailleurs égales, la température est $t + dt$ au lieu de t . Donc,

$$Q = F(t + dt);$$

donc,

$$Q - Q' = F(t + dt) - F(t) = F'(t) dt,$$

$F'(t)$ désignant la dérivée de $F(t)$. La fonction F et sa dérivée changeront avec la nature du corps employé comme intermédiaire entre les deux sources de chaleur; mais nous savons qu'il n'en est pas ainsi du rapport $\frac{Q}{Q'}$, lequel est absolument indépendant de la nature du corps intermédiaire employé et ne peut être, par conséquent ici, fonction que de t et de dt .

Or

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{F(t + dt)}{F(t)} = \frac{F(t) + F'(t) dt}{F(t)} = 1 + \frac{F'(t)}{F(t)} dt;$$

donc $\frac{F'(t)}{F(t)}$ est une fonction de la température t , absolument indépendante de la nature du corps employé comme intermédiaire et qui reste la même pour tous les corps. Multipliant les deux membres de l'équation précédente par Q' , il vient :

$$Q = Q' + Q' \frac{F'(t)}{F(t)} dt, \quad \text{et} \quad Q - Q' = Q' \frac{F'(t)}{F(t)} dt.$$

Substituant cette valeur de $Q - Q'$ dans l'équation (a), celle-ci devient :

$$Q' \frac{F'(t)}{F(t)} dt = A \int_{v_0}^v dp dv,$$

ou

$$Q' dt = \frac{F(t)}{F'(t)} \int_{v_0}^v dp dv.$$

Nous pouvons remplacer $\frac{F(t)}{F'(t)}$ par $\varphi(t)$, $\varphi(t)$ désignant une fonction de la température qui est la même pour tous les corps, et écrire l'équation précédente sous la forme

$$Q'dt = A_{\varphi}(t) \int_{v_0}^v dpdv.$$

Q' est, je le rappelle encore, la quantité de chaleur nécessaire pour maintenir invariable la température t du corps, tandis qu'il se dilate du volume v_0 au volume quelconque v .

Supposons maintenant que la différence entre le volume initial et le volume final décroisse au-dessous de toute grandeur assignable, devienne en un mot infiniment petite. Cet accroissement infinitésimal du volume étant exprimé par dv , le travail obtenu sera représenté par le quadrilatère à côtés infiniment petits $abc'd'$, lequel, à la limite, se confond avec un parallélogramme équivalent au rectangle qui a pour base dp et pour hauteur dv , dont l'aire est exprimée en conséquence par $dpdv$. C'est au reste ce qui résulte immédiatement de ce que le travail provenant d'une dilatation infiniment petite dv est la différentielle par rapport à la variable v de l'intégrale

$\int_{v_0}^v dpdv$ qui exprime le travail correspondant à une dilatation finie $v - v_0$, et cette

différentielle est simplement la quantité $dpdv$ qui se trouve sous le signe de l'intégration; dp , dans ce produit, désigne toujours l'accroissement de pression correspondant à l'accroissement dt de la température, le volume demeurant invariable. Dans cette même hypothèse d'une dilatation infiniment petite, Q' doit être évidemment remplacé par la différentielle dQ , Q exprimant la quantité de chaleur nécessaire pour maintenir le corps à la température constante t , tandis que son volume augmente d'une quantité finie $v - v_0$, à partir du volume initial v_0 , et que sa pression ou force élastique diminue en conséquence. En définitive, l'équation (b), différenciée par rapport à la variable v , nous donne l'équation différentielle du second ordre :

$$dQdt = A_{\varphi}(t) dpdv,$$

dans laquelle $\varphi(t)$ est une fonction de la température seule, qui reste la même pour tous les corps, où v et t sont les deux variables indépendantes et dans laquelle dQ et dp ont les significations que nous avons indiquées d'une façon précise.

IX. En combinant les équations (a), (b), (c) du § III avec celle qui forme la conclusion du § précédent, on arrive à des équations en quantités finies qui trouveront des applications fréquentes. Je transcris ici les équations (a), (b), (c).

$$dt = F'_p(p, v) dp + F'_v(p, v) dv = \left(\frac{dt}{dp}\right) dp + \left(\frac{dt}{dv}\right) dv, \quad (a)$$

$$dU = f'_p(p, v) dp + f'_v(p, v) dv = Xdp + Ydv, \quad (b)$$

$$dQ = Xdp + (Y + Ap) dv. \quad (c)$$

J'ai remplacé, dans l'équation (a), les dérivées partielles F'_p , F'_v , par les notations usuelles $\left(\frac{dt}{dp}\right)$, $\left(\frac{dt}{dv}\right)$.

J'ai substitué, pour abrégé, dans les équations (b) et (c), X et Y aux dérivées partielles f'_p , f'_v de la fonction $f(p, v)$ qui représente la chaleur interne U du corps, sur quoi il faut bien se souvenir que, dU étant la différentielle complète d'une fonction de p et de v , X et Y sont des fonctions de p et de v assujetties à la condition :

$$\frac{dX}{dv} = \frac{dY}{dp}.$$

Ceci entendu, voyons comment dQ et dp doivent être exprimés, quand on considère comme indépendantes les deux variables t et v , dans notre équation :

$$dQ dt = A \varphi(t) dp dv. \quad (m)$$

Quant à la différentielle dQ , elle se rapporte au cas où, la température restant constante et égale à t , la pression et le volume varient seuls et simultanément. Pour exprimer que la température est constante, il faut faire $dt = 0$ dans l'équation (a), qui devient alors :

$$\left(\frac{dt}{dp}\right) dp + \left(\frac{dt}{dv}\right) dv = 0,$$

d'où l'on tire

$$dp = - \frac{\left(\frac{dt}{dv}\right)}{\left(\frac{dt}{dp}\right)} dv.$$

Cette valeur de dp étant portée dans l'équation (c) nous fournira la valeur cherchée de dQ , qui est par conséquent :

$$dQ = \left(-X \frac{\left(\frac{dt}{dv}\right)}{\left(\frac{dt}{dp}\right)} + Y + Ap \right) dv,$$

ou bien

$$dQ = \frac{(Y + Ap) \left(\frac{dt}{dp}\right) - X \left(\frac{dt}{dv}\right)}{\left(\frac{dt}{dp}\right)} dv.$$

Quant à dp qui figure dans le second membre de l'équation (m), cette différentielle doit être prise pour un accroissement dt de la température, le volume demeurant invariable. Il suffira donc, pour l'obtenir, de poser $dv = 0$ dans l'équation (a), qui se réduit alors à :

$$dt = \left(\frac{dt}{dp}\right) dp,$$

d'où

$$dp = \frac{dt}{\left(\frac{dt}{dp}\right)}.$$

Substituant ces valeurs de dQ et de dp dans notre équation (m), nous trouvons, après avoir supprimé dans les deux membres le facteur commun $\frac{dt dv}{\left(\frac{dt}{dp}\right)}$,

$$(Y + Ap) \left(\frac{dt}{dp}\right) - X \left(\frac{dt}{dv}\right) = A\varphi(t). \quad (n)$$

X. c_1 désignant la chaleur spécifique d'un corps à volume constant et c sa chaleur spécifique à pression constante, la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température de ce corps, sous l'unité de poids, d'une quantité dt , v étant considéré comme constant, sera exprimée par $c_1 dt$. Pour exprimer que v est constant, nous devons faire $dv = 0$ dans l'équation (a), qui nous donne alors $dt = \left(\frac{dt}{dp}\right) dp$, par suite :

$c_1 dt = c_1 \left(\frac{dt}{dp}\right) dp$. Mais l'équation (c) peut nous donner la quantité de chaleur nécessaire pour produire un accroissement dp de la pression, v demeurant constant; il suffit d'y faire $dv = 0$; on a alors $dQ = X dp$. La valeur de dQ ainsi déterminée doit évidemment être égale à $c_1 \left(\frac{dt}{dp}\right) dp$. Donc $X dp = c_1 \left(\frac{dt}{dp}\right) dp$ et en supprimant le facteur dp dans les deux membres : $X = c_1 \left(\frac{dt}{dp}\right)$.

De même, la quantité de chaleur nécessaire pour élever de dt la température du corps, qui se dilate sous la pression constante p , sera exprimée par $c dt$, ou par $c \left(\frac{dt}{dv}\right) dv$, en remplaçant dt par la valeur tirée de l'équation (a) où l'on a fait $dp = 0$, afin d'exprimer que la pression p demeure constante. L'équation (c) nous donne, en y faisant $dp = 0$, pour la quantité de chaleur dépensée qui correspond à un accroissement dv du volume, sous la pression constante p : $dQ = (Y + Ap) dv$; égalant ces deux expressions de la chaleur nécessaire pour arriver à un résultat identique, on a :

$$(Y + Ap) dv = c \left(\frac{dt}{dv}\right) dv,$$

et, en supprimant le facteur commun dv ,

$$Y + Ap = c \left(\frac{dt}{dv}\right).$$

Substituant maintenant ces valeurs de X et de $Y + Ap$ dans l'équation (n), celle-ci devient :

$$(c - c_1) \left(\frac{dt}{dp}\right) \left(\frac{dt}{dv}\right) = A\varphi(t). \quad (II)$$

En rapprochant cette équation de l'équation (I) du § V, savoir,

$$(c - c_1) \frac{d^2t}{dpdv} = A,$$

et divisant la première par la seconde, pour éliminer $c - c_1$, il vient :

$$\frac{\left(\frac{dt}{dp}\right) \times \left(\frac{dt}{dv}\right)}{\frac{d^2t}{dpdv}} = \varphi(t), \quad (\text{III})$$

relation très-remarquable entre la fonction de la température $\varphi(t)$, identique pour tous les corps, et les fonctions dérivées de celle qui exprime la température t d'un corps donné quelconque par son volume et sa température, si bien que, pour déterminer la fonction générale $\varphi(t)$, il suffit de connaître, pour un corps unique, la relation existante entre le volume, la force élastique et la température.

(*La suite au prochain Bulletin.*)

ARTS PHYSIQUES.

RAPPORT SUR UN APPAREIL DE M. CARRÉ AYANT POUR OBJET LA PRODUCTION DU FROID ARTIFICIEL; PAR M. POUILLET (1).

« M. Carré a présenté à l'Académie les dessins et la description d'un appareil qu'il a imaginé pour produire du froid et pour résoudre le problème du froid artificiel dans toute sa généralité, soit qu'on se propose de fabriquer de la glace, soit que l'on se propose de rafraîchir simplement de grands volumes d'air ou de liquide, soit enfin que l'on se propose de faire descendre jusqu'aux basses températures de 15 ou 20° au-dessous de zéro les masses liquides les plus considérables; car il s'agit ici d'appliquer cette invention pour amener à ces grands degrés de froid les eaux mères d'une vaste exploitation salinière du midi de la France.

« La Commission s'est réunie plusieurs fois dans les ateliers de MM. Mignon et Rouart, où se trouve un modèle de cet appareil; elle en a examiné la construction et de plus elle l'a fait fonctionner sous ses yeux autant de fois et aussi longtemps qu'elle l'a désiré, afin d'en apprécier le travail. Ce modèle a des dimensions assez grandes pour que l'on puisse se rendre compte de tous les phénomènes physiques et mécaniques qui concourent au résultat, et qui assurent la régularité de sa marche pendant des journées entières. La plupart des opérations ont eu pour objet non pas le refroi-

(1) Au nom d'une commission composée de MM. Regnault, Balard et Pouillet.

dissement des eaux mères, mais la fabrication de la glace, et dans son allure habituelle l'appareil en donnait 25 kilog. à l'heure et 250 kilog. par jour. Sa *puissance réfrigérante* était donc de 2,500 calories à l'heure, puisque l'eau prise à la température ordinaire doit perdre à peu près 100 calories par kilogramme pour se transformer en cylindres de glace, dont l'intérieur même arrivait à plusieurs degrés au-dessous de zéro.

« En estimant, comme nous venons de le faire, la puissance de l'appareil par le nombre des calories qu'il est capable d'enlever par heure au corps qu'on lui donne à refroidir, il ne faut pas perdre de vue qu'il y a encore un élément dont il faut tenir compte, savoir l'intensité du froid produit. En effet, un appareil qui prend par heure 2,500 calories à un corps en le faisant descendre, par exemple, de 10° à 0°, n'est aucunement comparable à un autre appareil qui lui enlèverait de même 2,500 calories par heure, mais pour le faire descendre de — 20° à — 30°. Il faut donc essentiellement, pour exprimer d'une manière complète la puissance réfrigérante d'un appareil donné, mentionner à la fois le nombre des calories qu'il enlève par heure et les deux températures limites entre lesquelles le refroidissement s'est accompli.

« Les principes généraux sur lesquels repose la construction de l'appareil de M. Carré sont très-simples; ils ont été mis en œuvre dans les divers *cryophores* ou *frigérateurs* imaginés jusqu'à ce jour. Il importe de les rappeler ici.

« Un liquide plus ou moins volatil est contenu dans un vase hermétiquement fermé, analogue à une chaudière à vapeur, mais avec cette différence qu'au lieu de recevoir le feu d'un foyer il donne du froid autour de lui; ce vase, que nous appellerons le *réfrigérant*, communique par un large tube à robinet avec un espace vide que nous supposerons d'abord très-grand. Au moment où l'on ouvre le robinet, les vapeurs du liquide, par leur force expansive, se précipitent dans le vide; d'autres vapeurs se forment à l'instant qui s'y précipitent à leur tour, et l'opération se continue de la sorte tant qu'il reste du liquide à vaporiser. Ces vapeurs ne peuvent se former qu'en prenant aux parois du réfrigérant toute la chaleur latente qui est nécessaire à leur existence et à leur élasticité; ainsi le réfrigérant se refroidit de plus en plus, et, pour se remettre en équilibre de température, il enlève aux corps extérieurs qui le touchent ou qui l'entourent toute la quantité de chaleur qu'il a dû fournir à l'évaporation. S'il se forme, par exemple, suivant la capacité du réfrigérant, 10 ou 100 kilog. de vapeur à l'heure, le nombre de calories enlevées sera :

de 5,000 ou 50,000,	si le liquide volatil est de l'eau,
2,000 ou 20,000,	» de l'alcool,
900 ou 9,000,	» de l'éther,

car les chaleurs latentes de ces liquides sont, par kilogramme, d'environ 500, 200 et 90 calories.

« Quant au degré de froid auquel le réfrigérant peut arriver par ces évaporations spontanées, il dépend surtout de la nature du liquide volatil; en se servant de l'eau, on pourrait à peine arriver à quelques degrés au-dessous de zéro, parce que la solidi-

fication, sans lui ôter la propriété de donner des vapeurs, lui ôte la propriété de les donner en grande abondance; au contraire, l'alcool, l'éther et les autres corps volatils qui restent liquides aux plus basses températures restent aussi plus ou moins capables de donner d'abondantes vapeurs, et par conséquent de produire de très-grands degrés de froid.

« Ce qui est si simple en théorie se complique étrangement lorsqu'il faut arriver à la pratique, lorsqu'il faut donner un corps à ces premières idées pour constituer une grande machine à effet continu, travaillant avec régularité et se gouvernant elle-même à peu près comme une machine à vapeur : c'était là une question véritablement difficile, dont M. Carré nous donne enfin une solution satisfaisante.

« Indiquons d'abord les principales difficultés ou plutôt les points sur lesquels elles portent.

« 1° Nous avons supposé que le réfrigérant était mis en communication avec un espace vide indéfiniment grand, et que la vapeur pouvait se former sans cesse en vertu de la force élastique qui lui est propre; cette hypothèse n'est pas réalisable : il faut donc y suppléer en aspirant cette vapeur à mesure qu'elle se forme; de plus, il faut la comprimer ou la liquéfier et la recueillir pour l'employer à nouveau, parce qu'elle coûterait trop cher si elle devait se perdre.

« 2° Il faut introduire dans le réfrigérant un poids de liquide égal au poids de la vapeur qui s'y forme dans un temps donné et que l'on en retire par aspiration, comme nous venons de le dire; c'est la condition de rigueur sans laquelle la marche de l'appareil ne pourrait être ni régulière ni continue.

« 3° Il faut que tous les joints et toutes les fermetures soient hermétiques; les moindres bulles d'air qui pénétreraient dans l'intérieur suffiraient pour tout compromettre; il en serait de même si les vapeurs pouvaient s'échapper au dehors.

« 4° A mesure que l'on abaisse la température limite où doit être maintenu le réfrigérant, la vapeur prend une élasticité décroissante, et le volume qu'elle occupe à poids égal devient de plus en plus considérable; cependant, comme il faut en former un poids donné dans un temps donné, par exemple 10 kilog. ou 100 kilog. par heure, on conçoit qu'il se présente alors toute une série de recherches à faire sur les formes et les dimensions à donner non-seulement à l'enceinte intérieure du réfrigérant, mais encore aux conduits, aux soupapes, aux robinets, en un mot à toutes les pièces qui concourent soit à la formation, soit à la circulation de la vapeur.

« 5° Enfin, s'il arrive que certains liquides complexes, comme la dissolution de l'ammoniaque dans l'eau, présentent, à quelques égards, des avantages marqués, ils donnent lieu à toutes les difficultés précédentes et en outre à des difficultés d'une autre nature, dépendantes des deux vapeurs qui se forment alors et de la nécessité de régler les proportions variables de leur mélange.

« L'appareil dont nous nous occupons contient, en effet, une dissolution ammoniacale comme liquide producteur du froid; on doit, par conséquent, s'attendre à y trouver toutes les difficultés réunies.

« Cependant il faut essayer de donner une idée de sa construction, autant du moins qu'il nous sera permis de le faire sans le secours des figures.

« La dissolution ammoniacale subit quatre changements d'état :

« 1° Elle est vaporisée par une chaudière;

« 2° Cette vapeur est condensée par un liquéfacteur : dans ce nouvel état, le liquide est reçu par un distributeur qui l'introduit ou plutôt qui le distribue en juste mesure dans le réfrigérant;

« 3° Ici le liquide se vaporise de nouveau pour produire le froid;

« 4° Ces nouvelles vapeurs sont aspirées au moyen d'un large tube et condensées par un réservoir absorbant, où elles se trouvent en présence d'un liquide appauvri, tiré de la chaudière elle-même; le liquide pauvre, devenu riche par l'absorption de la vapeur d'ammoniaque, est soumis au double effet d'une pompe aspirante et foulante qui l'aspire au fond du réservoir absorbant pour le refouler dans la chaudière d'où il était sorti, partie à l'état de vapeur, partie à l'état liquide.

« Ainsi tout se réduit à une circulation complète du liquide volatil, dont les deux éléments, l'eau et l'ammoniaque, se trouvent tour à tour réunis ou séparés, soit par la condensation, soit par l'évaporation, leur affinité mutuelle jouant ici un rôle important qui doit être remarqué.

« Pour mieux faire comprendre comment cette circulation s'opère indéfiniment, et toujours avec le même liquide primitif, nous la séparerons en deux parties, savoir : *le trajet de la chaudière au réfrigérant, et le trajet du réfrigérant à la chaudière.*

Trajet de la chaudière au réfrigérant.

« Dans le modèle de 2,500 calories à l'heure, dont nous avons pu observer le travail, la chaudière est un cylindre vertical de 1^m,20 de hauteur sur 0^m,40 de diamètre; dans sa capacité de 1 hectolitre et demi elle se charge seulement de 80 à 90 litres d'une dissolution ammoniacale très-concentrée.

« Elle est maintenue à une température qui ne dépasse pas 130°; alors la tension des vapeurs réunies d'eau et d'ammoniaque se trouve être de 8 atmosphères.

« La moitié supérieure de la chaudière est en dehors du fourneau et au contact de l'air; elle est garnie intérieurement d'une série de vases superposés, constituant une sorte de cascade de rectification, où la vapeur d'ammoniaque se dépouille en grande partie des vapeurs d'eau qu'elle contient. Cette vapeur déshydratée s'échappe par un long tube de section convenable, qui la conduit au chevet d'entrée du liquéfacteur.

« Le liquéfacteur se compose de quatre serpentins plans et parallèles, espacés à 5 centimètres l'un de l'autre; le tube de chaque serpentín s'ouvre dans le chevet d'entrée qui est horizontal; ensuite il se prolonge en ligne droite sur une longueur de 1^m,50, avec la pente nécessaire à l'écoulement du liquide; là il se courbe pour revenir, toujours en descendant dans le même plan vertical, faire un deuxième pli, puis un troisième pli semblable au premier, à la fin duquel il s'ouvre dans le chevet de sortie qui est parallèle au chevet d'entrée. Ce système de serpentins en zigzag est

plongé dans une grande bache d'eau froide qui se renouvelle en quantité suffisante pour que sa température n'arrive pas à 30° , par l'effet des condensations de vapeur qui s'opèrent à l'intérieur des tubes.

« Le chevet de sortie du liquéfacteur reçoit ainsi tout le liquide qui a pu se former dans les serpentins, tant par l'effet du refroidissement que par l'effet de la pression des 8 atmosphères de la chaudière, pression qui se communique directement et sans aucune entrave jusqu'au point où nous sommes maintenant arrivés. Ici la transformation est accomplie dans le reste du trajet, et, jusqu'au réfrigérant, c'est du liquide qui circule, mais il n'en reste pas moins soumis à la pression de la chaudière tant qu'il n'y aura pas d'obstacle qui en modifie la libre transmission.

« Ce liquide ne doit arriver au réfrigérant qu'en très-juste mesure et avec une parfaite régularité; il faut donc un distributeur qui en règle la dépense.

« Le distributeur est un vase cylindrique de 25 à 30 centimètres de hauteur, ayant une capacité de 4 ou 5 litres, et portant vers le haut une tubulure latérale pour l'entrée du liquide; un tube part du fond de ce vase, se prolonge au-dessous et dans l'axe même du cylindre; il a 15 ou 20 centimètres de longueur et seulement 2 centimètres de diamètre intérieur, sauf en bas où il est rétréci de quelques millimètres, et rodé pour faire en quelque sorte un boisseau de robinet. Là il est fermé et porte latéralement, vers le milieu de la hauteur de ce boisseau, une petite ouverture pour la sortie du liquide. Un flotteur mince et léger, ouvert en haut, fermé en bas, à l'exception d'un trou qui correspond à celui du boisseau, peut se mouvoir librement dans le vase dont il a la forme, si ce n'est qu'il est plus étroit, et le touche seulement dans la hauteur du boisseau. Tout le mouvement du flotteur se réduit à une oscillation verticale qui ne dépasse pas 10 ou 12 millimètres, et qui s'accomplit toujours sans qu'il puisse tourner autour de son axe.

« Voici comment s'accomplissent les fonctions de cet ingénieux distributeur. Un tube établit la libre communication entre le chevet de sortie et la capacité du distributeur; le premier liquide qui arrive tombe entre les parois du vase et celles du flotteur, bientôt celui-ci est soulevé et son ouverture cesse de correspondre à celle du boisseau; le liquide continuant d'affluer, son niveau dépasse les bords du flotteur, qui, à partir de cet instant, se charge de plus en plus; quand il est à moitié plein ou à peu près, son poids l'emporte sur celui du liquide qu'il déplace, alors il descend, et, au moment même où il prend sa position de repos, son ouverture correspond à celle du boisseau et le liquide s'échappe au dehors. Par là il s'allège de plus en plus et, si le chevet de sortie du liquéfacteur ne compensait pas la perte qu'il fait, il ne tarderait pas à remonter et à suspendre ainsi la distribution qu'il est chargé de faire au réfrigérant. Mais, comme on le voit, cette suspension n'aurait lieu que quand elle devient nécessaire, c'est-à-dire quand le liquide en réserve est près de s'épuiser.

« A l'ouverture de sortie du distributeur est adapté un tube de petit diamètre, arbitrairement long, arbitrairement sinueux, qui apporte enfin dans l'intérieur du réfrigérant le liquide producteur du froid et qui termine ainsi le premier trajet. Ce tube, avant de pénétrer dans le réfrigérant, est muni d'un robinet qui est le premier qui se

présente à partir de la chaudière ou de l'origine même de la circulation. Pour faire sentir combien ce point d'arrêt est nécessaire, il suffit de remarquer que la tension de la vapeur dans le réfrigérant doit être d'environ 1 atmosphère ou peut-être un peu plus, comme nous le verrons tout à l'heure, tandis qu'elle est de 8 atmosphères dans la chaudière. Avec cet excès de 7 atmosphères la vapeur de la chaudière ferait donc irruption dans le réfrigérant, si ce premier robinet n'était pas interposé; il est donc indispensable; c'est lui qui modère l'effet de cet excès de pression, qui l'arrête au besoin, et qui le réduit à ce qu'il doit être pour que le liquide soit lancé dans le réfrigérant avec une impulsion convenable.

« Il serait superflu de décrire ici le réfrigérant, parce que sa forme et ses dimensions dépendent de l'effet que l'on veut produire; elles sont très-différentes s'il s'agit de faire de la glace ou s'il s'agit de refroidir des masses liquides qui se renouvellent avec plus ou moins de vitesse. Nous nous bornerons à dire que la forme du réfrigérant est loin d'être arbitraire et que, dans tous les cas, il y a deux conditions essentielles auxquelles elle reste assujettie, savoir : d'offrir à l'évaporation de grandes surfaces toujours mouillées par le liquide en même temps qu'une très-libre circulation à la vapeur, ensuite de rassembler dans un espace circonscrit les résidus de l'évaporation qui deviennent de plus en plus hydratés et dont il faut de temps à autre purger le réfrigérant par des moyens sûrs et faciles.

Trajet du réfrigérant à la chaudière.

« La puissance de l'appareil est proportionnelle à la chaleur latente du liquide volatil et au nombre des kilogrammes de vapeurs qui se forment par heure dans le réfrigérant. Ce poids de vapeurs ne dépend lui-même que de deux choses : de la forme du réfrigérant et de la différence qui existe entre la force élastique générale qui règne dans sa capacité libre et la force élastique maximum qui appartient à cette vapeur d'après la température du liquide qui mouille les surfaces. En effet, si la capacité libre était elle-même saturée de vapeurs, aucune nouvelle vapeur ne serait formée et aucun froid ne serait produit; si, au contraire, la capacité libre était maintenue sans vapeurs, c'est-à-dire à l'état de vide parfait, le poids de vapeurs formé par heure serait au maximum, et la production du froid atteindrait elle-même son maximum.

« Il faut donc aspirer cette vapeur, qui n'est pas plutôt formée dans le réfrigérant qu'elle y devient un obstacle; il faut en débarrasser cet espace libre qu'elle encombre, afin de le reconstituer sans cesse à l'état de vide parfait ou du moins aussi près de cet état qu'il soit possible. Il y a pour cela divers moyens, mais le plus avantageux est incontestablement celui que l'on peut pratiquer ici, savoir de lui offrir un corps qui la condense rapidement par une affinité dissolvante et qui puisse la dégager ensuite avec la même rapidité par un accroissement suffisant de température.

« La chaudière est disposée de telle sorte que, dans sa partie inférieure, la dissolution ammoniacale est fort affaiblie; un tube, muni d'un robinet, est placé là pour en

faire sortir un certain volume qui se gradue par le degré d'ouverture que l'on donne au robinet; ce tube de fer, étroit et de 20 ou 30 mètres de longueur, se replie deux fois à diverses distances pour composer deux serpentins hélicoïdes qui sont entourés de liquides rafraîchissants. Alors le liquide contenu dans le tube, sorti de la chaudière à 130° , ainsi refroidi à environ 20 ou 25° , arrive au sommet du réservoir absorbant, pour tomber en pluie dans son intérieur. C'est cette pluie continuelle de liquide appauvri, qui devient la puissance capable de maintenir et de renouveler sans cesse le vide dans la capacité libre du réfrigérant. A cet effet, un large tube, de quelques mètres de longueur, part du sommet du réfrigérant, pour arriver aussi au sommet du réservoir absorbant; aussitôt que l'on ouvre le robinet qui règle cette communication, les vapeurs ammoniacales du réfrigérant affluent au milieu de la pluie du liquide pauvre, s'y condensent par absorption et en reconstituent un liquide riche qui tombe au fond du réservoir; la chaleur qui se dégage ici est enlevée par les plis d'un serpentín où coule de l'eau froide; il ne reste plus qu'à reprendre ce liquide riche pour le réintroduire dans la chaudière, afin de compenser les pertes d'ammoniaque qu'elle fait à chaque instant ou plutôt afin d'y réintégrer tout ce qui en était sorti, et de terminer ainsi cette longue circulation, où il n'y a que des changements de forme et des changements d'état sans gain ni perte de matière.

« C'est une pompe aspirante et foulante, d'une construction toute particulière et bien appropriée à l'effet qu'il s'agit d'obtenir, qui est chargée d'accomplir ce dernier mouvement de la circulation. Elle vient aspirer, au fond du réservoir absorbant, le liquide enrichi à mesure qu'il s'y forme; elle le fait entrer dans une capacité spéciale destinée à le recevoir; ensuite, par le refoulement, elle l'oblige à parcourir un long tube où il se réchauffe, pour arriver enfin au sommet de la cascade dont nous avons parlé et qui constitue la partie supérieure de la chaudière. Ce liquide, quoique réchauffé dans son parcours, est loin d'être à 130° ; sa présence détermine donc une condensation dont l'effet ne peut être que favorable à la rectification des vapeurs hydratées d'ammoniaque qui se trouvent en ce point.

« Nous ne terminerons pas cette description sommaire de l'appareil sans faire remarquer que nous avons dû en écarter une foule de détails, d'ajustements et de dispositions ingénieuses, qui peut être prouvent mieux encore que l'ensemble toutes les ressources d'esprit de l'inventeur.

« Essayons maintenant de faire comprendre à quoi tient la puissance économique de l'appareil, jusqu'où elle peut aller et où elle doit s'arrêter.

« Cette discussion repose sur un petit nombre de données, savoir :

« Sur la chaleur latente et la tension de vapeur de l'ammoniaque liquide et des dissolutions ammoniacales plus ou moins hydratées; sur les changements de densité qu'éprouvent les dissolutions ammoniacales, à raison du poids d'ammoniaque qu'elles contiennent.

« Davy avait autrefois dressé une table de la teneur en ammoniaque des dissolutions plus ou moins denses; cette table, qui ne porte que sur deux expériences, est reproduite dans tous les Traités de Chimie; il serait à désirer qu'elle fût reprise et étendue

à diverses températures. En attendant et en nous appuyant sur les observations pratiques de M. Carré, nous sommes portés à croire que, dans l'état actuel des choses, le kilogramme de dissolution pauvre qui arrive refroidi dans le réservoir absorbant peut s'y charger de 50 grammes d'ammoniaque, pour devenir l'ammoniaque riche qui est réintroduite dans la chaudière.

« Notre confrère M. Regnault a bien voulu communiquer à la Commission une épreuve de son grand travail sur les vapeurs, qui s'imprime en ce moment; nous y avons trouvé la table complète des tensions de l'ammoniaque liquide entre les températures de -40° et $+100^{\circ}$; pour les bases températures que nous avons surtout à considérer ici, ces tensions se trouvent être :

Températures.	-20° ,	-30° ,	-40° ,
Tensions en atmosphères.	1,84,	1,16,	0,70.

« Pour appliquer ces nombres à l'ammoniaque un peu hydratée du réfrigérant, il faut apprécier la réduction qu'ils doivent subir; en l'estimant à $1/4$ on arriverait aux résultats suivants :

Températures du réfrigérant. . . .	-20° ,	-30° ,	-40° ,
Tensions en atmosphères.	1,4,	0,9,	0,5,

qui se rapprochent beaucoup des observations pratiques de M. Carré.

« Enfin, d'après les recherches de MM. Favre et Silbermann (*Annales de Chimie*, t. XXXVII, année 1853), on peut évaluer à environ 500 calories la chaleur latente du gaz ammoniac absorbé par une masse d'eau assez grande pour former une dissolution étendue; nous admettons comme probable que ce nombre peut s'appliquer à l'ammoniaque contenant très-peu d'eau.

« Il résulte de ces données que, pour construire un appareil dont la puissance serait, par exemple, de 100,000 calories à l'heure, il faudrait par heure vaporiser 200 kilogrammes d'ammoniaque dans le réfrigérant; il faudrait donc, dans le même temps, condenser les 200 kilogrammes dans le liquéfacteur et les absorber ou liquéfier une seconde fois dans le réservoir absorbant. Les 100,000 calories se retrouvent donc ou à très-peu près dans chacun de ces deux organes de l'appareil, où elles doivent être prises et emportées par les eaux destinées à les rafraîchir. En admettant que la température de ces eaux ne doive s'élever que de 10° dans cette opération, on voit que la dépense à en faire serait de 20,000 kilogrammes ou 20 mètres cubes à l'heure, savoir : 10 mètres cubes pour rafraîchir le liquéfacteur et 10 autres mètres cubes pour rafraîchir le réservoir absorbant.

« Nous ne parlons pas de la dépense de combustible à faire dans la chaudière; en résultat efficace, elle doit être aussi de 100,000 calories à l'heure; mais là il y a des pertes nécessaires qui sont très-variables.

« En un mot, les quatre changements d'état, bien qu'ils s'opèrent dans des conditions différentes, doivent être accompagnés des mêmes phénomènes ou à peu près, en ce qui tient aux quantités de chaleur. La chaudière et le réfrigérant, procédant par évaporation, empruntent la même quantité de chaleur, l'un au foyer, l'autre au

liquide qu'il refroidit; le liquéfacteur et le réservoir absorbant, procédant par liquéfaction, doivent dégager la même quantité de chaleur, dont il faut les débarrasser par le renouvellement des masses liquides rafraîchissantes.

« Le travail mécanique de la pompe aspirante et foulante peut aussi s'évaluer approximativement.

« Puisqu'il se produit par heure 200 kilogrammes de vapeur dans le réfrigérant, il faudra 4,000 kilogrammes de liquide pauvre pour les absorber; car chaque kilogramme en absorbe seulement 50 grammes ou $\frac{1}{20}$ de son poids: le résultat sera donc 4,200 kilogrammes de liquide riche. L'effort nécessaire pour les réintroduire dans la chaudière, dont la pression pour cet objet peut être estimée à 10 atmosphères ou à 100 mètres de hauteur, sera, par conséquent, de 420,000 kilogrammètres ou environ 2 chevaux de vapeur, auxquels il faudrait ajouter environ $\frac{1}{10}$ pour l'effort d'aspiration; mais ceci suppose que, dans le jeu de la pompe, le dégagement des fluides élastiques n'occasionne aucune perte considérable de travail.

« Quant au plus grand degré de froid que l'appareil puisse produire, il dépend presque exclusivement des phénomènes qui se passent dans le réservoir absorbant, parce que là se trouve, en effet, la cause déterminante de la formation rapide des vapeurs dans le réfrigérant. Si, d'une part, le liquide qui donne ces vapeurs était de l'ammoniaque pure et dépouillée d'eau; si, d'une autre part, le liquide appauvri qui vient de la chaudière dans le réservoir absorbant était de l'eau pure et dépouillée de gaz ammoniac, on ne peut pas douter que le réfrigérant ne doive aisément descendre à 50 ou 60° au-dessous de zéro. Mais, en fait, le liquide du réfrigérant contient une certaine proportion d'eau; le liquide pauvre qui arrive au réservoir absorbant contient une proportion très-notable d'ammoniaque; ces deux causes sont concordantes pour ralentir l'absorption de la vapeur et, par conséquent, pour empêcher le degré de froid de descendre aussi bas dans l'échelle thermométrique. Il y a là une étude à faire pour que la chaudière donne un liquide encore plus pauvre en ammoniaque et le liquéfacteur un liquide plus complètement dépouillé d'eau.

« Toutefois cette dernière limite de la puissance économique de l'appareil dépend encore d'une autre circonstance; elle varie nécessairement avec la température de l'air, par conséquent avec les saisons et les climats. Supposons, en effet, que le réfrigérant *travaille à vide*, c'est-à-dire sans fabriquer de la glace, sans refroidir un liquide, en un mot sans produire d'*effet utile*; il n'en arriverait pas moins à une certaine limite de froid, qui serait sa limite extrême, par exemple 50° au-dessous de zéro; admettons que, dans cette expérience, l'air ait une température de 10°, ce qui lui donne un excès de 60° sur le réfrigérant. Une fois parvenu à cette limite, après un travail plus ou moins prolongé, durant lequel on a pu voir le réfrigérant gagnant progressivement du froid, d'abord très-vite pour les premiers degrés perdus, ensuite très-lentement pour les derniers, il faut se demander comment il est possible de maintenir cet état de choses. Peut-on éteindre le feu de la chaudière, arrêter la pompe, enfin mettre l'appareil au repos, sans que le réfrigérant se réchauffe? Non, assurément; au contraire, il est indispensable qu'il continue à marcher et qu'il conserve

toute son activité. Sa force entière est alors une force perdue, en ce sens qu'elle est sans effet utile ; mais elle n'est pas sans effet, car elle est exclusivement employée à maintenir le réfrigérant en équilibre contre l'invasion de la chaleur du dehors. On peut arrêter le mouvement d'une mécanique, mais il ne nous est pas donné d'arrêter le mouvement de la chaleur ; quelques précautions qui aient été prises pour protéger le réfrigérant, la chaleur pénètre toujours jusqu'à lui, seulement sa vitesse a pu être plus ou moins ralentie. Le nombre des calories qui arrivent ainsi au réfrigérant dans un temps donné, toutes choses étant d'ailleurs égales, est à peu près proportionnel à l'étendue des surfaces qu'il présente à l'air d'une manière plus ou moins directe et à l'excès de la température de l'air sur celle du réfrigérant.

« Par conséquent, si le même appareil est soumis à cette épreuve du fonctionnement à vide dans un air à 30° au lieu de 10° , il ne pourra jamais, malgré toute son activité, faire descendre le réfrigérant jusqu'à 50° au-dessous de zéro ; mais il le fera descendre seulement à environ 30° au-dessous de zéro, afin que l'excès de la température de l'air sur le réfrigérant soit encore de 60° , comme il était à la première épreuve.

« Les considérations précédentes permettent aussi de conclure que le réfrigérant destiné à fabriquer de la glace sera beaucoup plus favorable pour descendre à de très-basses températures que le réfrigérant destiné à refroidir les liquides, parce qu'en général celui-ci devra offrir à l'invasion de la chaleur du dehors des surfaces beaucoup plus grandes que le premier.

« Telles sont les causes principales qui font varier la limite extrême du froid auquel le réfrigérant peut descendre, et qui font varier dans le même sens la puissance économique de l'appareil.

« Il en résulte que le poids de vapeur qui se forme par heure dans le réfrigérant d'un appareil donné doit être considéré comme une somme à peu près constante, mais composée de deux parties qui s'appliquent à des services différents : la première est destinée à l'effet utile, la seconde est destinée à la force perdue. Celle-ci, sans être jamais nulle, reste très-petite quand le réfrigérant, pour produire l'effet qu'on lui demande, travaille à une température très-éloignée de sa limite extrême ; mais elle s'accroît assez vite, et toujours au détriment de l'effet utile, à mesure que le réfrigérant doit travailler à une température plus basse ; enfin elle absorberait la totalité ou la presque totalité de l'effet utile si le réfrigérant devait travailler à une température très-voisine de sa limite extrême.

« Ces pertes variables dépendent de coefficients dont l'expérience ne tardera pas à donner des valeurs assez précises pour que l'on puisse avec certitude assigner la part de l'effet utile, d'après la nature du travail à faire et la connaissance des températures extérieures auxquelles l'appareil doit être exposé.

« M. Carré s'est bien rendu compte de tous ces principes théoriques, qui devaient le guider dans la construction de son appareil ; il s'en est servi pour étudier avec beaucoup de sagacité toutes les questions neuves qui se rattachaient à la question pri-

mitive ; enfin il est parvenu à en trouver des solutions qui ont le mérite d'être à la fois très-ingénieuses et très-pratiques.

« La Commission est d'avis que l'appareil de M. Carré est appelé à rendre de véritables services ; elle propose à l'Académie d'en admettre la description dans le *Recueil des Savants étrangers*. » (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*.)

LÉGENDE DESCRIPTIVE DES PLANCHES 262 ET 263 REPRÉSENTANT L'APPAREIL
DE M. CARRÉ.

Pour compléter le rapport précédent, nous donnons les dessins de l'appareil de M. Carré, dans son application à la fabrication continue de la glace. Ces dessins, qui ont été levés dans les ateliers de construction, se rapportent à un appareil pouvant produire 100 kilogrammes de glace par heure.

PLANCHE 262. — Fig. 1. Élévation de l'appareil.

Fig. 2. Vue de bout.

PLANCHE 263. — Fig. 1. Vue en dessus de l'appareil.

Fig. 2. Section verticale du régulateur d'écoulement.

Fig. 3. Section verticale du robinet.

Fig. 4. Section verticale de la pompe.

Fig. 5. Section verticale du distributeur.

Les mêmes lettres désignent les mêmes objets dans les deux planches.

Ensemble de l'appareil.

A, CHAUDIÈRE verticale, hermétiquement close et contenant la solution aqueuse de gaz ammoniac.

B, fourneau dans lequel la chaudière plonge à moitié de sa hauteur.

C, indicateur de niveau de la chaudière.

D, soupape de sûreté placée à l'extrémité d'un tuyau d'échappement monté sur la calotte sphérique de la chaudière.

E, tube conduisant, dans un réservoir contenant de l'eau, le gaz échappé accidentellement par la soupape D.

F, tube débouchant dans la chaudière et y ramenant le liquide saturé, reconstitué au sortir du réfrigérant.

G, RECTIFICATEUR placé à l'intérieur et dans la partie supérieure de la chaudière ; il se compose d'une série de vases plats superposés et percés de trous, dans lesquels le liquide saturé, revenant par le tube F d'une part, et d'autre part le gaz montant de la partie inférieure de la chaudière sous l'action de la chaleur, circulent en sens inverse l'un de l'autre. Le premier, le troisième, le cinquième, etc., vases plats, c'est-à-dire tous les vases plats de rang impair, à partir du bas, sont munis, au centre, d'une large ouverture H, en sorte que la circulation est forcée de se faire alternativement du centre

Le premier est relatif à la question de savoir si les lois de l'Etat ont une portée générale ou si elles ne s'appliquent qu'à certaines personnes ou à certaines choses.

Le second est relatif à la question de savoir si les lois de l'Etat ont une portée territoriale ou si elles s'appliquent à toutes les personnes ou à toutes les choses, quelle que soit leur situation géographique.

Le troisième est relatif à la question de savoir si les lois de l'Etat ont une portée temporelle ou si elles s'appliquent à toutes les personnes ou à toutes les choses, quelle que soit leur situation temporelle.

Le quatrième est relatif à la question de savoir si les lois de l'Etat ont une portée matérielle ou si elles s'appliquent à toutes les personnes ou à toutes les choses, quelle que soit leur situation matérielle.

Enfin, le cinquième est relatif à la question de savoir si les lois de l'Etat ont une portée personnelle ou si elles s'appliquent à toutes les personnes ou à toutes les choses, quelle que soit leur situation personnelle.

Fig. 1. La loi de l'Etat.

Fig. 2. La loi de l'Etat.

Fig. 3. La loi de l'Etat.

Fig. 4. La loi de l'Etat.

Fig. 5. La loi de l'Etat.

Fig. 6. La loi de l'Etat.

Fig. 7. La loi de l'Etat.

Fig. 8. La loi de l'Etat.

Le sixième est relatif à la question de savoir si les lois de l'Etat ont une portée matérielle ou si elles s'appliquent à toutes les personnes ou à toutes les choses, quelle que soit leur situation matérielle.

Fig. 9. La loi de l'Etat.

Fig. 10. La loi de l'Etat.

Le septième est relatif à la question de savoir si les lois de l'Etat ont une portée matérielle ou si elles s'appliquent à toutes les personnes ou à toutes les choses, quelle que soit leur situation matérielle.

Le huitième est relatif à la question de savoir si les lois de l'Etat ont une portée matérielle ou si elles s'appliquent à toutes les personnes ou à toutes les choses, quelle que soit leur situation matérielle.

Le neuvième est relatif à la question de savoir si les lois de l'Etat ont une portée matérielle ou si elles s'appliquent à toutes les personnes ou à toutes les choses, quelle que soit leur situation matérielle.

Le dixième est relatif à la question de savoir si les lois de l'Etat ont une portée matérielle ou si elles s'appliquent à toutes les personnes ou à toutes les choses, quelle que soit leur situation matérielle.

Le onzième est relatif à la question de savoir si les lois de l'Etat ont une portée matérielle ou si elles s'appliquent à toutes les personnes ou à toutes les choses, quelle que soit leur situation matérielle.

Le douzième est relatif à la question de savoir si les lois de l'Etat ont une portée matérielle ou si elles s'appliquent à toutes les personnes ou à toutes les choses, quelle que soit leur situation matérielle.

Le treizième est relatif à la question de savoir si les lois de l'Etat ont une portée matérielle ou si elles s'appliquent à toutes les personnes ou à toutes les choses, quelle que soit leur situation matérielle.

Le quatorzième est relatif à la question de savoir si les lois de l'Etat ont une portée matérielle ou si elles s'appliquent à toutes les personnes ou à toutes les choses, quelle que soit leur situation matérielle.

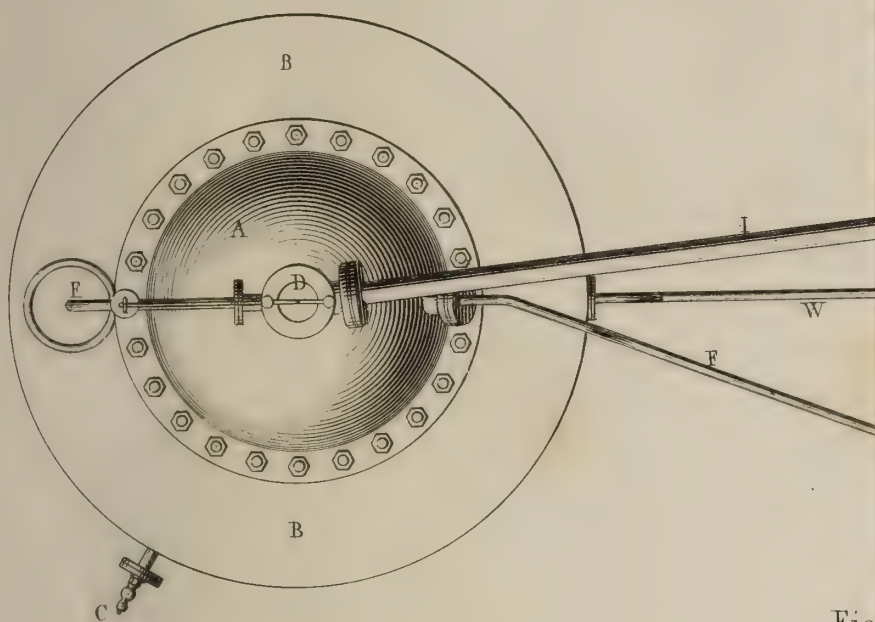


Fig. 2.

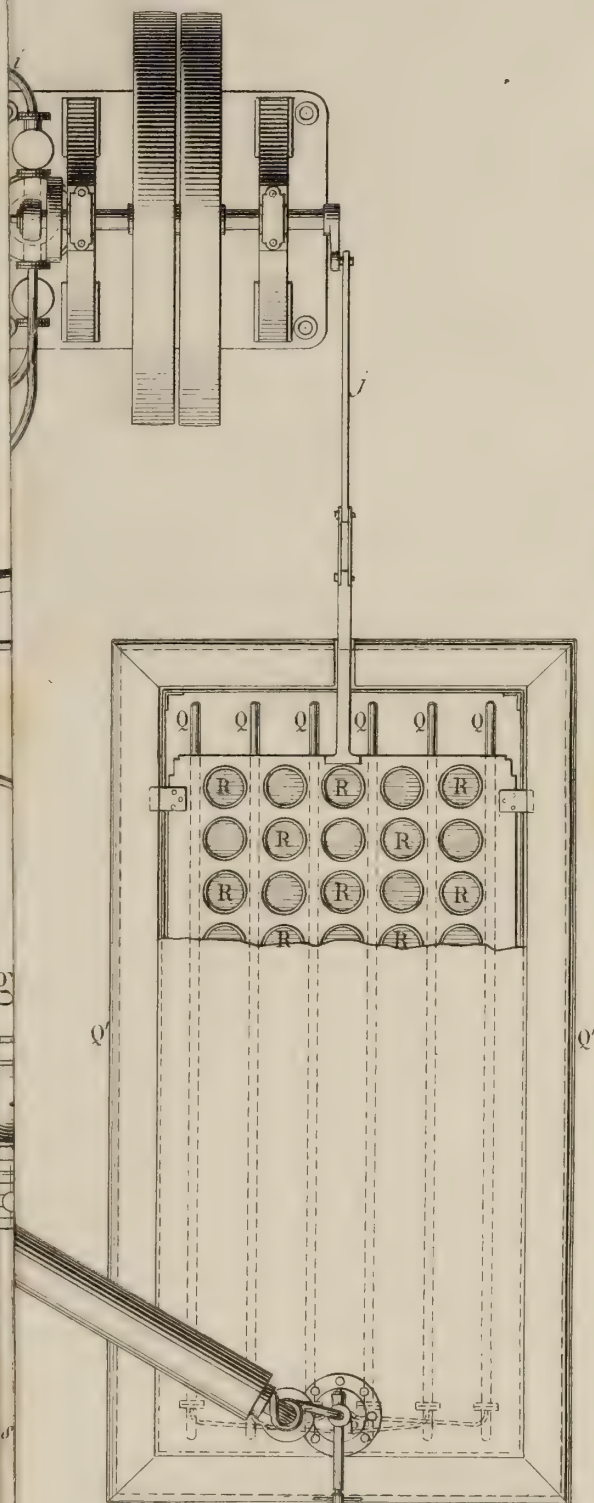
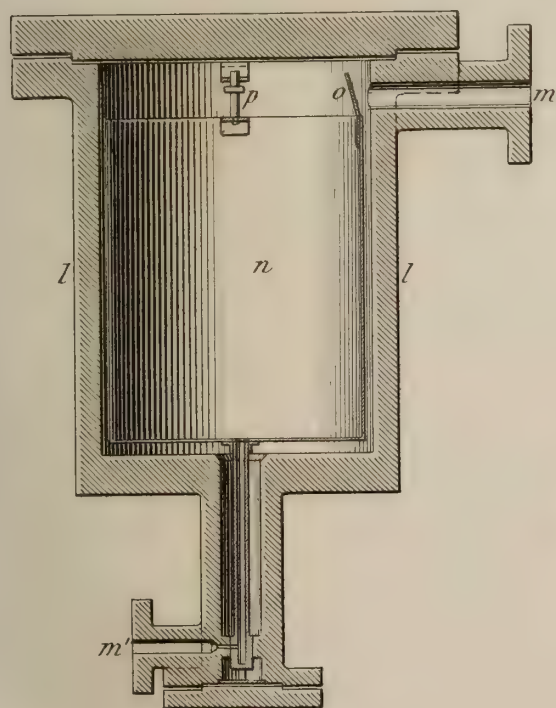


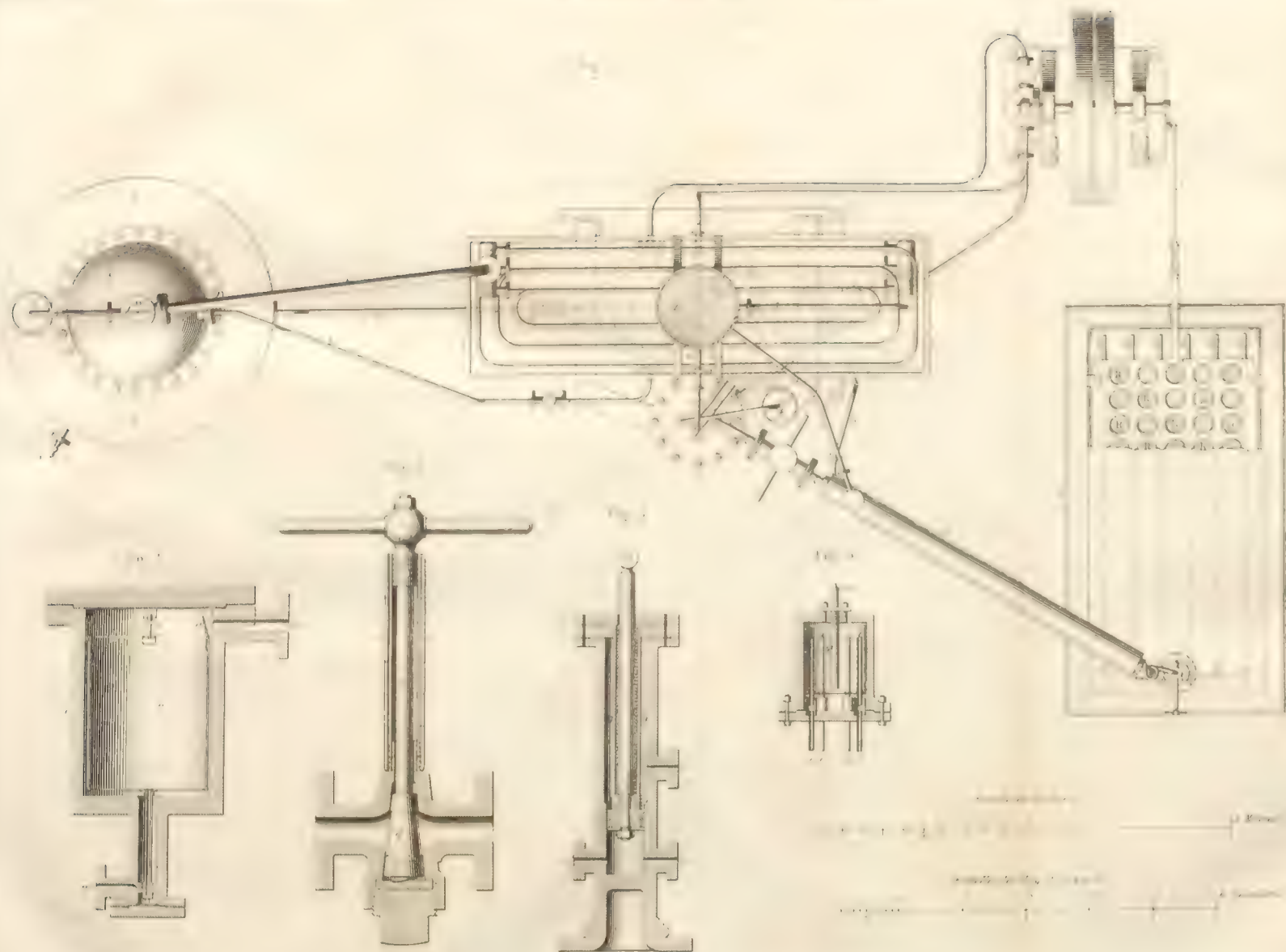
Fig.

la Fig. 1.

Fig. 2, 3, 4 et 5.

2 Mètres

6 Décimètres



FABRICATION CONTINUE DE LA GLACE PAR M. CARRE.

à la circonférence et de la circonférence au centre de ces vases ; la vapeur d'eau, entraînée avec le gaz qui monte, se condense au contact du liquide riche qu'il rencontre et qui est à une température moins élevée, ainsi qu'on le verra plus loin.

I, tuyau se raccordant sur celui qui porte la soupape de sûreté D et conduisant au liquéfacteur le gaz qui se dégage de la chaudière.

J, LIQUÉFACTEUR se composant de serpentins disposés dans une bûche et baignant dans un courant d'eau froide amenée par le tuyau J'.

K, boîte à laquelle aboutissent le tuyau I et les extrémités supérieures des serpentins ; c'est le chevet d'entrée du liquéfacteur.

K', chevet de sortie du liquéfacteur, auquel se relie les extrémités inférieures des serpentins.

L, tube par lequel le gaz liquéfié sortant des serpentins se rend au régulateur d'écoulement.

M, RÉGULATEUR D'ÉCOULEMENT dans lequel le gaz liquéfié arrive avant de se rendre au distributeur ; cet organe est construit d'une manière spéciale pour laisser passer toute la quantité de gaz liquéfié, sans permettre qu'aucune portion de gaz non liquéfié s'introduise dans le réfrigérant dont il va être question ; condition indispensable sans laquelle le réfrigérant serait en contact avec une source de calorique. Nous reviendrons plus loin sur le régulateur d'écoulement que nous expliquerons en détail.

N, tube par lequel le gaz liquéfié sortant du régulateur se rend au distributeur ; ce tube se relève verticalement jusqu'à la rencontre d'un manchon O, qu'il traverse en s'enroulant autour du tuyau de retour des vapeurs produites dans le réfrigérant par la volatilisation du gaz liquéfié.

P, DISTRIBUTEUR recevant le gaz liquéfié amené par le tube N et le répartissant d'une manière égale entre les serpentins du réfrigérant ; ce distributeur est surmonté d'un robinet qui permet d'interrompre à volonté la communication avec le régulateur d'écoulement et, par conséquent, d'arrêter la circulation du gaz liquéfié.

Q, serpentins au nombre de six, enfermés dans une cuve Q', et constituant le RÉFRIGÉRANT-CONGÉLATEUR ; ils sont formés de tubes parallèles repliés six fois sur eux-mêmes dans des plans verticaux parallèles, et reçoivent une quantité égale de gaz liquéfié au moyen de six tubes qui les relient chacun séparément au distributeur.

R, vases cylindriques contenant l'eau à congeler ; ils sont logés par rangées parallèles dans les espaces libres laissés entre les serpentins, et sont supportés par un châssis mobile, qui reçoit un mouvement de va-et-vient destiné à produire le renouvellement des points de contact. Un liquide incongelable baigne les serpentins et les vases R, et transmet des uns aux autres le froid produit par le gaz liquéfié qui se volatilise ; ce liquide est une solution soit alcoolique, soit de glycérine, soit de sels hygrométriques ou plus particulièrement de chlorure de calcium.

S, collecteur général placé à la partie inférieure des serpentins Q, qui y débouchent tous pour y amener les vapeurs produites par la volatilisation du gaz liquéfié.

T, tuyau partant du collecteur S et traversant le manchon O pour emmener les vapeurs ammoniacales froides dans le cylindre U ; c'est ce tuyau autour duquel,

ainsi qu'on l'a vu plus haut, s'enroule le tube N, qui échange avec lui sa température; la circulation dans ce tuyau et ce tube s'opère donc en sens inverse.

U, cylindre muni d'un serpentín à circulation d'eau froide, et dans lequel se rendent à la fois le gaz venant du réfrigérant et l'eau appauvrie d'ammoniaque prise à la chaudière; c'est le RÉSERVOIR ABSORBANT dans lequel la solution ammoniacale primitive se reconstitue continuellement pour retourner ensuite à la chaudière; on voit que le tuyau T, qui amène le gaz, plonge jusqu'au fond de ce réservoir, qui est muni, comme la chaudière, d'un indicateur de niveau.

V, vase plat percé de trous, disposé intérieurement à la partie supérieure du réservoir absorbant et recevant le liquide appauvri venant de la chaudière pour le laisser tomber en pluie fine, qui s'enrichit en absorbant les vapeurs dégagées par le tuyau T.

W, tube plongeant au fond de la chaudière et y puisant le liquide appauvri pour l'amener au réservoir absorbant, où il ne parvient qu'après avoir traversé les deux cylindres X et Y.

X, cylindre renfermant deux serpentins, ainsi qu'un autre cylindre concentrique de plus petit diamètre, disposé de telle sorte que les hélices parallèles des deux serpentins sont enfermées dans l'espace annulaire compris entre les deux cylindres; le liquide appauvri de la chaudière est amené, par le tube W, dans les serpentins qu'il parcourt de haut en bas, tandis que la solution ammoniacale reconstituée et prise au fond du réservoir absorbant est refoulée dans la chaudière en passant par l'espace annulaire du cylindre X, qu'elle parcourt de bas en haut. Il y a donc là, entre le liquide appauvri qui est chaud et la solution ammoniacale qui est froide, un échange de température que favorise la circulation en sens inverse des deux liquides.

Y, autre cylindre communiquant avec le précédent et contenant un seul serpentín baignant dans l'eau froide; dans ce serpentín circule le liquide appauvri venant du cylindre X, et il en sort après avoir achevé de se refroidir, pour entrer par le prolongement du tube W dans le réservoir absorbant, où il se divise en pluie fine, comme il a été ci-dessus expliqué.

Z, réservoir distribuant l'eau froide aux différentes parties de l'appareil.

a, tube amenant l'eau froide du réservoir Z au serpentín du réservoir absorbant.

b, tube de sortie de cette eau se rendant dans le cylindre Y.

c, tube servant à purger d'air le réservoir absorbant.

d, vase contenant de l'eau, dans lequel plonge le purgeur d'air c; ce vase est muni d'un robinet de purge.

e, prise d'eau pour amener l'eau du réservoir Z aux vases à congélation R; cette eau traverse le manchon O, où elle commence déjà à se refroidir.

f, tube pour distribuer à volonté l'eau du manchon O aux vases R.

g, pompe mue par une petite machine à vapeur et puisant au réservoir absorbant la solution ammoniacale reconstituée, pour la refouler à la chaudière en la faisant passer, comme on l'a dit, à travers l'espace annulaire du cylindre X.

h, tuyau par lequel la pompe aspire, au bas du réservoir absorbant, la solution ammoniacale reconstituée.

h', tube mettant en communication la partie supérieure du corps de pompe avec le réservoir absorbant, de manière à éviter la pression dans cette région.

i, tuyau par lequel la pompe refoule la solution ammoniacale à la chaudière en passant par le cylindre X ; de ce cylindre la solution suit le tube F pour rentrer à la chaudière.

j, bielle commandée par un excentrique de la machine, et communiquant le mouvement de va-et-vient au châssis qui supporte les vases à congélation R.

k, manomètre indiquant la tension des vapeurs chaudes sortant de la chaudière ; il est en communication avec le tuyau I.

k', autre manomètre placé sur le tuyau T et indiquant la tension des vapeurs froides sortant du réfrigérant-congélateur.

Les tuyaux F, T, W et *h* sont munis de robinets servant à régler la marche de l'opération.

Maintenant que tous les organes sont connus, nous résumerons succinctement la marche de l'appareil :

Trajet de la chaudière au réfrigérant.—Le gaz ammoniac, se dégageant de la chaudière, sort par le tuyau I, en traversant le rectificateur G, et se rend au liquéfacteur J, où il se liquéfie. De là, le gaz liquéfié est conduit par le tuyau L au régulateur d'écoulement M, qui l'envoie par le tube N au distributeur P, et enfin au réfrigérant-congélateur.

Trajet du réfrigérant à la chaudière. — Le gaz liquéfié, rentrant en vapeur après avoir produit son action, sort du réfrigérant par le tuyau T et arrive dans le réservoir absorbant, où il rencontre le liquide appauvri, amené du fond de la chaudière par le tube W, en passant par les serpentins des cylindres X et Y. La solution ammoniacale se reconstitue donc avec sa richesse primitive, et la pompe la prend au réservoir absorbant par le tuyau *h*, la refoule par le tuyau *i* dans le cylindre X, où elle se réchauffe au contact des serpentins, et de là à la chaudière où elle rentre par le tube F. Enfin le tube F la livre au rectificateur G, dont elle descend la cascade en condensant la vapeur d'eau entraînée par le gaz, qui continue à se dégager de la chaudière et qui est à une température supérieure.

Ainsi, d'une part, circulation de gaz ammoniac chaud et de liquide appauvri sortant en même temps de la chaudière, et, d'autre part, circulation de gaz ammoniac froid venant du réfrigérant ; ces trois circulations, se faisant simultanément, permettent, par conséquent, à l'appareil d'opérer d'une manière continue.

Détails principaux (planche 263).

Régulateur d'écoulement (fig. 2). — *l*, vase cylindrique fermé par le haut et terminé en bas par un col allongé disposé suivant l'axe ; il reçoit, comme on l'a vu, le gaz liquéfié.

m, tubulure supérieure donnant entrée au gaz liquéfié, qui arrive par le tuyau marqué L sur les figures de la planche 262.

m', tubulure inférieure rétrécie intérieurement à son origine et destinée à laisser sortir le gaz liquéfié; c'est sur cette tubulure que se raccorde le tuyau N (fig. 1 et 2, pl. 262), qui conduit au distributeur.

n, cylindre de faible épaisseur contenu dans le vase *l* et y faisant fonction de flotteur, grâce à sa pesanteur spécifique qui est moitié de celle du liquide; ce flotteur est également terminé par un col concentrique à celui du cylindre *l*.

Le diamètre intérieur du col du cylindre *l* est rétréci vers le bas, tandis que le diamètre extérieur du col du flotteur est augmenté de telle sorte qu'il y ait frottement entre les deux surfaces, mais de manière à permettre au flotteur de s'abaisser et de se relever facilement. En outre, le col du flotteur porte vers le bas une ouverture horizontale de même diamètre que celle que présente à son origine la tubulure *m'*, et disposée en face de celle-ci de telle sorte que, pour certaine position du flotteur, ces deux ouvertures se mettent en prolongement l'une de l'autre.

Cela posé, lorsque le liquide commence à arriver par la tubulure *m*, il coule d'abord dans l'espace compris entre le flotteur et la paroi interne du cylindre *l*, et finit par soulever le flotteur vide, qui en remontant cesse de faire correspondre son ouverture inférieure à celle de la tubulure *m'*; à ce moment la communication est donc interrompue entre le régulateur et le distributeur. Mais, le liquide continuant à arriver, le niveau s'en élève, et il entre bientôt dans le flotteur qui, sous l'excédant de poids qu'il reçoit, descend pour reprendre sa position première et remettre en face l'une de l'autre les deux ouvertures, qui permettent alors au liquide de se rendre au distributeur. Cet organe fonctionne régulièrement, quelle que soit la pression.

o, petite plaque (ou écran) portée par le flotteur et disposée en face de l'ouverture de la tubulure *m*, pour empêcher le premier liquide entrant de couler dans ce flotteur.

p, petite tige attachée au rebord du flotteur et traversant librement un anneau fixé au cylindre *l*; elle sert de guide au flotteur pour assurer la verticalité de ses oscillations.

Nous ferons remarquer que, dans le rapport qui précède, l'organe que nous venons de décrire porte le nom de distributeur et non celui de régulateur d'écoulement, dont il n'est pas question. En effet, dans les premiers appareils à fonction continue construits par M. Carré, le réfrigérant-congélateur ne renfermant qu'un seul serpentin, le distributeur servait en même temps de régulateur d'écoulement.

Robinet (fig. 3). — Ce genre de robinet est combiné pour éviter toute fuite d'ammoniaque.

q, clef du robinet muni à sa base d'un évidement logeant un ressort qui tend constamment à la repousser vers le haut.

r, tubulure surmontant le sommet du boisseau et sur laquelle vient s'appliquer, concentriquement à la tige *s* du robinet, un tube de caoutchouc fixé d'autre part sur

la tête renflée de cette tige; des ligatures en fil de fer maintiennent de part et d'autre le caoutchouc.

t, tube métallique composé d'anneaux superposés et emboitant le caoutchouc pour lui permettre de résister à la pression intérieure, tout en le laissant suivre facilement les 90 degrés de révolution de la clef.

Pompe (fig. 4). — La pompe est destinée, comme on l'a vu plus haut, à refouler dans la chaudière la liqueur ammoniacale reconstituée, en la faisant passer préalablement par un milieu où elle échange sa température.

u, tubulure du corps de pompe communiquant avec le bas du réservoir absorbant; c'est la tubulure d'aspiration.

u', tubulure de refoulement communiquant avec le cylindre X de la figure 1, planche 262.

u'', troisième tubulure mettant la région supérieure du corps de pompe en relation avec le haut du réservoir absorbant, où la pression est toujours nulle ou très-faible.

v, tube en caoutchouc muni intérieurement d'une hélice en fil de fer qui entoure la tige du piston; il est fixé d'une part sur ce dernier et de l'autre sur le sommet du corps de pompe; ce tube se prête, par son élasticité, aux mouvements du piston en même temps qu'il isole l'ammoniaque de l'atmosphère.

Distributeur (fig. 5). — Nous avons expliqué, d'autre part, que les serpentins du réfrigérant-congélateur recevaient, chacun par un tube séparé, le gaz liquéfié fourni par le distributeur. Cette répartition se fait au moyen de la disposition suivante :

w, tuyau amenant au distributeur le gaz liquéfié venant du régulateur d'écoulement.

x, tubes ouverts aux deux extrémités et fixés verticalement dans la capacité où arrive le gaz liquéfié; ces tubes portent latéralement des trous qui y laissent entrer le liquide parvenu à un certain niveau.

y, autres tubes communiquant avec les serpentins du réfrigérant et leur apportant le gaz liquéfié que leur versent les tubes *x* auxquels ils correspondent. (M.)

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1862.

DISTRIBUTION DES RÉCOMPENSES ACCORDÉES PAR L'EMPEREUR.

L'Empereur a fait, le 25 janvier 1863, dans la grande salle du palais du Louvre, la distribution des récompenses accordées aux exposants français, dont les mérites ont été signalés par la Commission impériale à la dernière Exposition universelle de Londres.

S. A. I. Monseigneur le Prince Napoléon, président de la Commission impériale de l'Exposition, a prononcé le discours suivant :

« SIRE ,

« Les travaux de la Commission impériale que Votre Majesté a nommée
« pour présider à la section française de l'Exposition universelle de Londres
« sont finis, et je viens, comme Président de cette Commission, rendre compte
« à l'Empereur de ce que nous avons fait et lui soumettre les récompenses
« honorifiques que nous avons l'honneur de lui recommander.

« Les décorations accordées à nos exposants seront un nouvel exemple de
« cette égalité féconde qui permet à tous les mérites d'être honorés, sans
« distinction de rang ni de profession.

« Avant tout, qu'il me soit permis de rendre un hommage mérité aux ex-
« posants français, qui ont soutenu avec éclat à l'étranger notre réputation
« dans les sciences, les arts et l'industrie.

« Nous constatons avec une vive satisfaction que, dans le concours uni-
« versel de 1862, nos exposants ont été généralement dédommagés de leurs
« sacrifices par le développement de leurs affaires, preuve nouvelle de l'uti-
« lité pratique de ces concours.

« Les circonstances dans lesquelles les produits français ont été envoyés à
« Londres donnaient un intérêt tout particulier à cette exposition ; elle se
« faisait dans des conditions nouvelles pour notre industrie, au début de la
« politique de liberté commerciale dans laquelle votre Gouvernement est
« entré, et l'expérience est venue sanctionner les principes que la théorie a
« posés depuis longtemps. C'est un argument bien concluant et qui doit
« peser d'un grand poids pour engager la France à persévérer dans cette
« voie, aussi profitable que rationnelle.

« L'industrie française a répondu avec empressement à notre appel, et, si
« quelques grands établissements nous ont malheureusement fait défaut,
« l'ensemble de notre exposition n'en a pas souffert. La France a occupé un
« rang très-honorable à Londres, grâce surtout aux efforts d'établissements
« industriels plus récents ou renouvelés, qui n'ont pas craint d'accepter la
« lutte avec courage, et qui l'ont soutenue avec éclat.

« Notre pays a jusqu'ici brillé dans ce qui se rattachait aux arts, au goût
« et au fini de l'exécution. L'Angleterre fait des efforts inouïs dans cette voie,
« et, si nous voulons conserver notre ancienne suprématie, il faut que nos
« industriels redoublent d'efforts, en se préoccupant sérieusement des pro-
« grès obtenus par les étrangers.

« Nous devons des remerciements aux artistes et propriétaires d'œuvres d'art,
« qui ont bien voulu nous confier leurs chefs-d'œuvre par un sentiment pa-
« triotique, d'autant plus digne d'éloge que le règlement adopté ne nous per-
« mettait pas de les récompenser.

« Les jurys d'admission départementaux ont fonctionné avec zèle et discernement; l'emplacement réservé à la France, étant comparativement très-restreint, rendait le choix à faire d'autant plus difficile et important. « Nous n'avions que 13,740 mètres à distribuer à 5,495 exposants.

« J'appelle l'attention de Votre Majesté sur le travail du Jury des récompenses, qui a été digne de cette réunion d'hommes éminents. Par une heureuse innovation, les rapports, rédigés par plus de cent personnes, ont été publiés à la clôture même de l'Exposition, malgré la difficulté de l'examen des produits de l'industrie du monde entier et la désignation des récompenses.

« La France a obtenu 1,650 médailles : le Jury international s'est montré juste et bienveillant pour nous; nous n'avons eu qu'à nous féliciter de nos bons rapports constants avec les jurés étrangers.

« La Commission a spécialement recommandé au Jury d'étudier les modifications à apporter à notre système de réglementation, souvent excessif. « Je crois que le Gouvernement de Votre Majesté pourrait puiser d'utiles enseignements dans l'étude approfondie de ces rapports, au point de vue de la simplification des entraves administratives et du développement si nécessaire de l'initiative individuelle, sans laquelle aucun progrès ne peut être fait. Nos sociétés modernes ont, surtout au point de vue commercial et industriel, besoin de liberté.

« Le rôle de la Commission impériale a été difficile quand il s'est agi de proposer des récompenses honorifiques à Votre Majesté.

« Dans un travail si compliqué, où tous les mérites devaient être examinés plus encore à un point de vue relatif qu'à un point de vue absolu; où les considérations d'honorabilité personnelle, de nouveauté des inventions et des procédés, du développement des affaires, du bon emploi des capitaux, de la bienveillance vis-à-vis des ouvriers devaient être appréciées, la perfection n'était pas possible.

« Notre plus sérieux embarras est venu de la multiplicité des mérites souvent presque égaux, parmi lesquels il fallait faire un choix : nous avons fait de notre mieux, en tâchant de nous affranchir de toute influence et en suivant le vœu de l'Empereur, qui était de ne céder à aucune considération politique.

« Grâce à la libéralité de la Commission impériale et de l'Administration de la ville de Paris, une somme de 40,000 francs a été employée aux subventions à donner à des voyages de simples ouvriers. Nous avons voulu laisser le choix des délégués aux ouvriers eux-mêmes. Malgré quelques appréhensions que l'expérience est venue dissiper, et grâce à la confiance

« de Votre Majesté et à la volonté qu'Elle a bien voulu m'exprimer, les élec-
« tions se sont faites librement, sans aucune intervention de l'Autorité, et le
« plus bel éloge à adresser aux ouvriers de Paris spécialement, c'est qu'un
« nombre considérable d'entre eux a pris part à ces élections avec un calme
« complet.

« Près de quatre cents ouvriers délégués, de toute la France, ont été à
« Londres, pour y étudier l'Exposition et y puiser des renseignements utiles,
« qu'ils ont consignés dans des rapports intéressants.

« C'est avec une vive satisfaction que je puis annoncer à Votre Majesté que
« le crédit de 1,200,000 francs ouvert pour les dépenses de l'Exposition ne
« sera ni dépassé ni même atteint, et cependant nous n'avons reculé devant au-
« cune dépense utile au succès de l'Exposition. J'ai tenu tout particulièrement
« à obtenir ce résultat, et j'en rends grâce surtout à la sage administration et
« à l'esprit d'ordre de M. Le Play, conseiller d'État, notre commissaire gé-
« néral. Nous avons cru qu'un bon emploi des deniers publics était notre
« premier devoir, ne voulant, sous aucun prétexte, dépasser le budget voté,
« quelle que fût souvent la difficulté de résister à des réclamations pour des
« dépenses qui ne devaient pas augmenter la splendeur de l'Exposition.

« Permettez-moi, Sire, d'exprimer dans cette solennité, qui est le couron-
« nement de l'Exposition, nos remerciements aux commissaires de la reine
« d'Angleterre pour leur bienveillante hospitalité ; à notre collègue M. Rou-
« her, ministre des travaux publics, pour le concours libéral et éclairé qu'il
« nous a prêté ; à MM. Michel Chevalier, président du jury, et Le Play, com-
« missaire général, ainsi qu'à nos agents de tout rang, qui nous ont aidés
« avec zèle et intelligence.

« Au nom de l'industrie française, Sire, je vous remercie de votre coura-
« geuse et persévérante initiative à surmonter tous les obstacles, sans vous
« arrêter à ces oppositions passagères, souvent inspirées par des intérêts
« particuliers, pour mettre la France à la tête de cette politique de liberté
« des échanges qui fera sa prospérité.

« Qu'il me soit permis de rappeler que le premier résultat de cette poli-
« tique a été, lors de la mauvaise récolte de 1861, d'obtenir le pain à un
« prix modéré et de satisfaire le consommateur. C'est une nouvelle preuve de
« cette vive sollicitude que vous portez aux classes laborieuses, qui eussent
« payé leur pain beaucoup plus cher sans la suppression des entraves au
« commerce des blés.

« La Commission impériale a fait tous ses efforts pour remplir son devoir ;
« sa plus haute récompense, pour elle et pour son Président, sera d'obtenir
« l'approbation du représentant suprême du peuple français, l'Empereur. »

L'Empereur a répondu :

« MESSIEURS ,

« Vous avez dignement représenté la France à l'étranger. Je viens vous en
« remercier, car les expositions universelles ne sont pas de simples bazars,
« mais d'éclatantes manifestations de la force et du génie des peuples.

« L'état d'une société se révèle par le degré plus ou moins avancé des di-
« vers éléments qui la composent, et, comme tous les progrès marchent de
« front, l'examen d'un seul des produits multiples de l'intelligence suffit pour
« apprécier la civilisation du pays auquel il appartient. Ainsi, lorsque au-
« jourd'hui nous découvrons un simple objet d'art des temps anciens, nous
« jugeons, par sa perfection plus ou moins grande, à quelle période de l'his-
« toire il se rapporte. S'il mérite notre admiration, soyez sûrs qu'il date d'une
« époque où la société bien assise était grande par les armes, par la parole,
« par les sciences comme par les arts. Il n'est donc pas indifférent, pour le
« rôle réservé à la France, d'avoir été placer sous les regards de l'Europe les
« produits de notre industrie ; à eux seuls, en effet, ils témoignent de notre
« état moral et politique.

« Je vous félicite de votre énergie et de votre persévérance à rivaliser avec
« un pays qui nous avait devancés dans certaines branches du travail. La
« voilà donc enfin réalisée cette redoutable invasion sur le sol britannique,
« prédite depuis si longtemps ! Vous avez franchi le détroit ; vous vous êtes
« hardiment établis dans la capitale de l'Angleterre ; vous avez courageuse-
« ment lutté avec les vétérans de l'industrie. Cette campagne n'a pas été sans
« gloire, et je viens aujourd'hui vous donner la récompense des braves.

« Ce genre de guerre qui ne fait point de victimes a plus d'un mérite ; il
« suscite une noble émulation, amène ces traités de commerce qui rappro-
« chent les peuples et font disparaître les préjugés nationaux sans affaiblir
« l'amour de la patrie. De ces échanges matériels naît un échange plus pré-
« cieux encore, celui des idées. Si les étrangers peuvent nous envier bien des
« choses utiles, nous avons aussi beaucoup à apprendre chez eux. Vous avez
« dû, en effet, être frappés, en Angleterre, de cette liberté sans restriction
« laissée à la manifestation de toutes les opinions comme au développement
« de tous les intérêts. Vous avez remarqué l'ordre parfait maintenu au mi-
« lieu de la vivacité des discussions et des périls de la concurrence. C'est que
« la liberté anglaise respecte toujours les bases principales sur lesquelles re-
« posent la société et le pouvoir. Par cela même elle ne détruit pas, elle amé-
« liore ; elle porte à la main non la torche qui incendie, mais le flambeau
« qui éclaire, et, dans les entreprises particulières, l'initiative individuelle,

« s'exerçant avec une infatigable ardeur, dispense le Gouvernement d'être le
 « seul promoteur des forces vitales d'une nation ; aussi, au lieu de tout ré-
 « gler, laisse-t-il à chacun la responsabilité de ses actes.

« Voilà à quelles conditions existe en Angleterre cette merveilleuse activité,
 « cette indépendance absolue. La France y parviendra aussi le jour où nous
 « aurons consolidé les bases indispensables à l'établissement d'une entière
 « liberté. Travaillons donc de tous nos efforts à imiter de si profitables exem-
 « ples ; pénétrez-vous sans cesse des saines doctrines politiques et commer-
 « ciales, unissez-vous dans une même pensée de conservation, et stimulez chez
 « les individus une spontanéité énergique pour tout ce qui est beau et utile.
 « Telle est votre tâche. La mienne sera de prendre constamment le sage
 « progrès de l'opinion publique pour mesure des améliorations, et de débar-
 « rasser des entraves administratives le chemin que vous devez parcourir.

« Chacun ainsi aura accompli son devoir, et notre passage sur cette terre
 « n'aura pas été inutile, puisque nous aurons laissé à nos enfants de grands
 « travaux accomplis et des vérités fécondes, debout sur les ruines de préjugés
 « détruits et de haines à jamais ensevelies.

« Je ne terminerai pas sans remercier la Commission impériale et son Pré-
 « sident du zèle éclairé avec lequel ils ont organisé l'Exposition française, et
 « de l'esprit d'impartiale justice qui a présidé à la proposition des récom-
 « penses. C'est un titre nouveau qu'ils ont acquis à ma confiance et à mon
 « estime. »

Après le discours de l'Empereur, S. Exc. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics a nommé les exposants auxquels l'Empereur avait accordé des promotions ou des nominations dans l'ordre impérial de la Légion d'honneur, à l'occasion de l'Exposition universelle de Londres.

Au fur et à mesure que le ministre prononçait les noms des personnes auxquelles les récompenses étaient accordées, ces personnes s'avançaient vers le trône, en montaient les degrés, et recevaient leurs décorations de la main de l'Empereur.

Voici, d'après divers décrets rendus, les nominations qui ont été faites dans l'ordre impérial de la Légion d'honneur :

MEMBRES DU JURY.

Grade de commandeur :

MM.

BALARD, membre de l'Institut, membre du Conseil de la Société d'encouragement.

NÉLATON, professeur à la Faculté de médecine de Paris.

Grade d'officier :

MM.

BARRAL, directeur du *Journal d'agriculture pratique*, membre du Conseil de la Société d'encouragement.

BELLA, directeur de l'École impériale d'agriculture de Grignon.

DEMARQUAY, chirurgien de la maison municipale de santé.

WURTZ, professeur à la Faculté de Paris.

Grade de chevalier :

MM.

BAUDE (baron), ingénieur au corps impérial des ponts et chaussées.

CAVARÉ, ancien négociant.

DECAUX (Charles), sous-directeur à la manufacture impériale des Gobelins.

DUVAL (Jules), directeur du journal *l'Économiste français*.

LABOULAYE (Charles), ancien fondeur en caractères, membre du Conseil de la Société d'encouragement.

LARSONNIER (Gustave), fabricant de tissus, membre de la chambre de commerce de Paris.

LUUYT, ingénieur au corps impérial des mines.

MASSON (Victor), libraire-éditeur, juge au tribunal de commerce de la Seine, membre de la Société d'encouragement.

TAILBOUIS (Eugène), fabricant de bonneterie.

EXPOSANTS.

Grade d'officier :

MM.

BOURDALOUE (Paul-Adrien), ancien conducteur au corps impérial des ponts et chaussées, membre de la Société d'encouragement. Perfectionnements dans l'art du nivellement.

CAIL (J. F.), constructeur de machines, à Paris, membre de la Société d'encouragement. Perfectionnement des appareils destinés aux fabriques de sucre et d'alcool.

CHANOINE (Jacques-Henri), ingénieur en chef au corps impérial des ponts et chaussées. Invention relative aux barrages établis sur les cours d'eau.

CHRISTOFLE (C.), orfèvre, à Paris, membre du Conseil de la Société d'encouragement. Excellence dans la fabrication des ouvrages d'orfèvrerie et dans la reproduction des objets d'art par la galvanoplastie.

DICKSON, fabricant de toiles, à Dunkerque (Nord). Services rendus à la marine par l'amélioration de la fabrication des toiles à voiles.

FOURDINOIS père (H.), fabricant de meubles, à Paris. Excellence dans la fabrication des meubles ordinaires et des meubles de luxe.

GOUIN (Ernest), constructeur de machines, à Paris, membre de la Société d'encouragement. Excellence dans la construction des ponts de fer.

GROLÉ (G.), fabricant de meubles, à Paris. Excellence dans la fabrication des meubles de luxe.

HERZ (Henri), facteur de pianos, à Paris. Excellence dans la fabrication des pianos.

JAVAL (Léopold), agriculteur, à Arès (Gironde). Services rendus par la mise en culture de 2,800 hectares des landes de Gascogne.

MAËS, fabricant de cristaux, à Clichy, près Paris. Excellence dans la fabrication des ouvrages de cristallerie.

MATHIEU (Claude-Ferdinand), ingénieur en chef des ateliers de l'usine du Creuzot. Invention des procédés de levage employés dans la construction du pont de Fribourg.

ROMAN père, fabricant de limes, à Wesserling (Haut-Rhin), membre de la Société d'encouragement. Excellence dans la fabrication des tissus imprimés.

SCHATTENMANN, agriculteur, à Bouxwillers (Bas-Rhin). Grands services rendus à l'agriculture.
SEYDOUX (Auguste), fabricant de tissus, au Cateau (Nord). Excellence dans l'industrie de la filature et du tissage de la laine.

Grade de chevalier :

MM.

- ARMET DE LISLE (J.), fabricant de produits chimiques, à Paris, membre de la Société d'encouragement. Supériorité dans la fabrication du sulfate de quinine et du bleu d'outremer.
- BARBEZAT, fondeur de métaux, à Paris. Supériorité dans la fabrication des fontes d'ornement.
- BARY-MÉRIAN (DE), fabricant de rubans, à Guebwiller (Haut-Rhin). Initiative du tissage des rubans à la mécanique en France.
- BARRÈS (V.), filateur de soie, à Saint-Julien (Ardèche). Supériorité dans la filature et le moulinage de la soie.
- BAUDOUIN (F.), membre du conseil des prud'hommes de Paris, ancien manufacturier. Invention relative à la fabrication des filets de pêche.
- BAYARD, photographe, à Paris. Inventions relatives à la photographie.
- BERGER (Pierre), fabricant de verres, à Gotzembruck (Moselle). Supériorité dans la fabrication des verres de montres.
- BLANCHET aîné, fabricant de papiers, à Rives (Isère). Perfectionnement dans la fabrication des divers genres de papiers.
- BLANZY, fabricant de plumes de fer, à Boulogne (Pas-de-Calais). Introduction, en France, de l'industrie des plumes métalliques.
- BOIGEOL-JAPY, filateur de cotons, à Giromagny (Haut-Rhin). Supériorité dans la filature et le tissage du coton.
- BOUCHOTTE (Émile), meunier, à Metz (Moselle). Améliorations dans l'aménagement des moulins.
- BRAQUENIÉ (Alexandre), fabricant de tapis, à Aubusson (Creuse). Supériorité dans la fabrication des tapisseries d'ameublement.
- CAQUET-VAUZELLES (Victor), fabricant de soieries, à Lyon. Supériorité dans la fabrication des tissus de soie façonnés.
- CARRÉ, constructeur d'appareils de réfrigération, à Paris, membre de la Société d'encouragement. Invention relative à la production de la glace.
- CASSE fils, fabricant de toiles de lin, à Lille. Supériorité dans la fabrication des tissus de lin damassés.
- CHARRIÈRE fils (J. J.), membre de la Société d'encouragement, fabricant d'instruments de chirurgie, à Paris. Perfectionnements dans la fabrication de ces instruments.
- CHÉMERY, agriculteur, à Noirmont (Marne). Supériorité dans la production des céréales.
- CHOCQUEEL, fabricant de tapis, à Aubusson (Creuse), membre de la Société d'encouragement. Supériorité dans la fabrication des tapis et des tapisseries d'ameublement.
- CIZANCOURT (DE), ingénieur au corps impérial des mines. Perfectionnement dans la métallurgie et l'exploitation des mines.
- CORDONNIER (Louis), fabricant, à Roubaix (Nord). Supériorité dans la fabrication des tissus de laine mélangée.
- CORMOULS (Ferdinand), fabricant, à Mazamet (Tarn). Progrès considérable dans la fabrication des draps et des velours de laine.
- CUBAIN (R.), fabricant de cuivre ouvré, à Verneuil (Eure). Supériorité dans le tréfilage et le laminage de ce métal.
- CUMMING (J.), constructeur d'instruments et de machines agricoles, à Orléans (Loiret). Perfectionnement des machines à battre les gerbes des céréales.
- DAVIN (Frédéric), peigneur et filateur de laines, à Paris. Progrès persévérants dans le peignage et la filature de la laine.

- DELAFONTAINE (A. M.), fabricant de bronzes d'art, à Paris. Supériorité dans la fabrication de ces produits.
- DERRIÉY, membre de la Société d'encouragement, fondeur en caractères typographiques, à Paris. Grande supériorité dans la fabrication de ces produits.
- DESFOSSÉ (Jules), fabricant de papiers peints, à Paris, membre de la Société d'encouragement. Supériorité dans la fabrication des tableaux et décors en papiers peints.
- DEVISME (L. F.), arquebusier, à Paris, membre de la Société d'encouragement. Inventions dans la fabrication des armes à feu.
- DEZOBRY, libraire-éditeur, à Paris. Services rendus à l'instruction publique par la publication de livres destinés aux établissements d'éducation; travaux archéologiques estimés.
- DOGNIN (Camille), fabricant de dentelles, à Lyon. Progrès dans la fabrication des tulles de soie et des dentelles de laine à la mécanique.
- DREYFUS, maître de forges à Ars-sur-Moselle. Création d'une nouvelle industrie métallurgique dans l'est de la France, supériorité dans la fabrication des fers étirés.
- DUBOSCO, constructeur d'instruments de physique, à Paris, membre de la Société d'encouragement. Inventions et perfectionnements dans la construction des appareils d'électricité et d'optique.
- DUCHÉ (Jean-Baptiste), fabricant de châles, à Paris. Perfectionnements dans la fabrication des châles dits *cachemires français*.
- DURAND (François), constructeur de machines, à Paris, membre de la Société d'encouragement. Perfectionnements dans les métiers à tisser dits à la *Jacquart*.
- DURENNE (A.), fondeur de métaux, à Paris, membre de la Société d'encouragement. Supériorité dans la fabrication des fontes d'ornement.
- ENGELHARDT (F.), directeur de l'usine de Niederbronn (Bas-Rhin). Progrès dans la fabrication des fontes moulées.
- FANIEN père, fabricant de chaussures, à Lillers (Pas-de-Calais). Fondation d'une grande fabrique de chaussures destinées à l'exportation.
- FANNIÈRE (F.), orfèvre, à Paris. Supériorité dans la ciselure sur métaux.
- FEY, fabricant de tissus de soie, à Tours (Indre-et-Loire). Supériorité dans la fabrication des étoffes d'ameublement.
- FIÉVET (Constant), agriculteur, à Masny (Nord). Progrès dans la culture de la betterave et du lin.
- FONTAINE, constructeur de machines, à Chartres. Supériorité dans la construction des turbines hydrauliques.
- FOURNIER-AUBRY, fabricant de dentelles, à Mirecourt (Vosges). Progrès dans la fabrication des dentelles et guipures et dans le choix des dessins.
- FROMENT, peintre de la manufacture impériale de Sèvres. Supériorité dans la peinture sur porcelaine tendre.
- GANTILLON (Denis), moireur apprêteur, à Lyon. Services rendus à l'industrie des soieries par la supériorité des apprêts et du moirage.
- GAUPILLAT (André), membre de la Société d'encouragement, fabricant de capsules pour armes à feu, à Paris. Perfectionnements dans la fabrication de ces produits.
- GÉLIS (A.), fabricant de produits chimiques, à Paris, membre de la Société d'encouragement. Découverte de procédés nouveaux pour la préparation industrielle de plusieurs produits importants.
- GÉRENTET (Claudius), fabricant de rubans, à Saint-Étienne (Loire). Supériorité dans la fabrication de ces produits.
- GEVELOT (Jules), fabricant de capsules et de cartouches pour armes à feu, à Paris. Perfectionnements dans la fabrication de ces produits.
- GIFFARD, ingénieur civil, à Paris. Invention d'un appareil pour l'alimentation régulière des chaudières à vapeur.

- GOSSE (Auguste-François), fabricant, à Bayeux (Calvados), membre de la Société d'encouragement. Création et perfectionnements successifs dans la fabrication des porcelaines.
- GUERRE-CROSSART père, ouvrier coutelier, à Nogent (Haute-Marne). Supériorité longtemps maintenue dans la fabrication des couteaux fermants.
- HÉBERT fils (Émile-Frédéric), fabricant, à Paris, membre de la Société d'encouragement. Perfectionnements dans la fabrication des châles dits *cachemires français*.
- HENNECART, fabricant, à Paris, membre de la Société d'encouragement. Perfectionnements dans la fabrication des tissus de soie employés au blutage des farines.
- HUGUENIN (Louis), fabricant, à Mulhouse (Haut-Rhin). Supériorité dans la fabrication des tissus de coton imprimés pour ameublement.
- IMBERT, administrateur directeur de la Société des houillères de Rive-de-Gier (Loire). Perfectionnements dans l'exploitation des houillères.
- KOPP (Émile), chimiste, à Saverne (Bas-Rhin). Invention relative à l'extraction de la matière colorante de la garance.
- LAGACHE (Julien), fabricant, à Roubaix (Nord). Supériorité dans la fabrication des tissus de laine pour gilets.
- LAURENT (Auguste), fabricant d'appareils de sondage, à Paris. Perfectionnements dans l'industrie des sondages.
- LEGRIX, fabricant, à Elbeuf (Seine-Inférieure). Supériorité dans la fabrication des étoffes de laine dites draps nouveautés pour pantalons et gilets.
- LEQUIEN père, directeur d'une école municipale de dessin, à Paris, membre de la Société d'encouragement. Services rendus à l'enseignement du dessin et du modelage pour les ouvriers.
- LEROLLE, fabricant de bronzes d'art, à Paris. Supériorité dans la fabrication de ces produits.
- LUER (G. A.), fabricant d'instruments de chirurgie, à Paris. Excellence dans la fabrication de ces instruments.
- MARTIN (Émile), fabricant de pâtes alimentaires, à Paris. Invention d'un procédé d'extraction de la fécule de froment sans perte de gluten.
- MATHIEU (L. J.), fabricant d'instruments de chirurgie, à Paris. Inventions et perfectionnements dans la fabrication de ces instruments.
- MERLE (Henri), fabricant de produits chimiques, à Alais (Gard), membre de la Société d'encouragement. Exploitation des eaux mères des marais salants pour la production du sulfate de soude et du chlorure de potassium.
- MILLION (Jean-Pierre), fabricant, à Lyon. Supériorité dans la production des tissus de soie unie.
- MONTESUY, fabricant, à Lyon. Supériorité dans la fabrication des crêpes.
- MORIN (Paul), directeur d'une fabrique d'aluminium, à Nanterre (Seine). Initiative de la production industrielle de l'aluminium.
- MOTTE-BOSSUT, filateur, à Roubaix (Nord). Supériorité dans la filature de cotons fins et mi-fins.
- MOURCEAU (Charles), fabricant, à Paris. Supériorité dans la fabrication des étoffes d'ameublement.
- MULLER, dessinateur. Services éminents rendus aux fabriques de tissus et de papiers peints.
- NORMAND, fabricant de presses typographiques, à Paris, membre de la Société d'encouragement. Découverte d'un nouveau mode de transmission.
- PATOUX (Adolphe), fabricant de verre, à Aniche (Nord). Supériorité dans la fabrication du verre à vitre.
- PELTEREAU (Placide), tanneur, à Château-Renault (Indre-et-Loire), membre de la Société d'encouragement. Supériorité dans l'industrie du tannage des cuirs.
- PICAULT (Gustave-François), coutelier, à Paris, membre de la Société d'encouragement. Inventions relatives à la coutellerie.
- PIHAN (père), prote pour les langues orientales à l'imprimerie impériale, à Paris. Services rendus à la typographie des langues orientales en France.

- POITEVIN (A.), photographe , à Paris. Invention des procédés lithophotographiques et de la photographie au charbon.
- POUGNET (Maximilien), directeur de la Société houillère de Carling (Moselle). Perfectionnements dans l'exploitation des mines.
- PRÉVOST (Florent), aide-naturaliste au muséum d'histoire naturelle de Paris. Services rendus à l'agriculture par ses recherches sur l'alimentation des oiseaux.
- RENARD (Francisque), fabricant de produits tinctoriaux , à Lyon. Invention de la teinture au rouge d'aniline.
- ROBERT FAURE (Charles), fabricant de dentelles , au Puy (Haute-Loire). Progrès dans la fabrication des dentelles noires.
- ROUQUÉS (A.), teinturier , à Clichy , près Paris. Perfectionnements dans l'industrie de la teinture.
- ROUX (Charles), fabricant de savons , à Marseille. Supériorité dans la fabrication des savons dits de Marseille.
- SEBILLE (Charles), fabricant de tuyaux , à Nantes. Inventions relatives à la fabrication des tuyaux en plomb étamé et des tuyaux en poussière d'ardoise ou de coke.
- SERVANT (Alexandre), fourreur , à Paris. Perfectionnements dans l'industrie de la fourrure.
- STEINER (Charles), teinturier , à Ribeauvillé (Haut-Rhin). Perfectionnements de la teinture au rouge d'Andrinople.
- TAURINES (J. M. H. A.), constructeur d'appareils de précision , à Paris, membre de la Société d'encouragement. Inventions relatives aux dynamomètres et aux instruments de pesage.
- THIÉBAUT (Victor), fondeur de métaux , à Paris. Supériorité dans la fonte des bronzes d'art.
- VAUQUELIN (Félix), fabricant , à Elbeuf (Seine-Inférieure). Supériorité dans la fabrication des étoffes de laine dites draps nouveautés pour pantalons et gilets.
- VILLEMINOT-HUART , fabricant , à Reims (Marne). Perfectionnements dans le tissage mécanique des étoffes de laine peignée.
- VISSIÈRE , constructeur de chronomètres , au Havre (Seine-Inférieure). Excellence dans la construction des instruments d'horlogerie.
- WOLFF (Auguste), facteur de pianos , à Paris, membre de la Société d'encouragement. Perfectionnement et excellence dans la fabrication des pianos.

ADMINISTRATION DE LA COMMISSION IMPÉRIALE.

Grade d'officier :

MM.

DU SOMMERARD , directeur du musée des Thermes et de l'hôtel de Cluny.

Grade de chevalier :

DONNAT , chef du service du catalogue.

Le docteur LÉCORCHÉ , médecin de la commission impériale.

ROGUÈS (Auguste), chef du service du secrétariat.

NOTICES INDUSTRIELLES

EXTRAITES DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Fermeture avec la paraffine pour les flacons qui contiennent des liqueurs alcalines caustiques. — On sait que les flacons bouchés à l'émeri,
Tome X. — 62^e année. 2^e série. — Janvier 1863. 8

lorsqu'ils contiennent des liqueurs alcalines caustiques, contractent avec leur bouchon une adhérence progressivement croissante, et que la précaution de graisser les bouchons avec de l'huile ou du suif n'empêche pas que l'on ne soit souvent obligé de sacrifier des flacons de valeur. L'usage d'un bouchon de liège est généralement rejeté avec raison, et il est à désirer que l'on trouve un moyen réellement convenable.

Or la paraffine, n'étant ni saponifiée ni attaquée par les alcalis caustiques, peut être employée fort avantageusement à cet usage, parce qu'elle rend suffisamment onctueux les bouchons en verre. Les expériences qui ont été faites à ce sujet, depuis quelque temps, ont donné des résultats assez avantageux pour qu'il soit utile de publier ce fait. On peut même, en prenant de la paraffine de première qualité, composer entièrement, avec cette matière, des bouchons qui réussissent très-bien, quoiqu'ils présentent néanmoins l'inconvénient de se briser facilement. (*Pharm. Centralhalle, et Schweizerische polytechnische Zeitschrift.*)

Moyen de distinguer la falsification de la cire d'abeilles par la cire végétale. — M. Robineaud, dans le *Journal de pharmacie* d'Anvers, a proposé, pour reconnaître cette falsification, une méthode fondée sur la différence de solubilité de ces deux cires dans l'éther sulfurique rectifié. Il a donc fallu déterminer cette solubilité des deux cires dans l'éther. Pour y parvenir, on a introduit, dans une cornue de verre, 1 partie de cire d'abeilles réduite en petits morceaux ; on a versé dessus 50 parties d'éther, et l'on a eu soin d'agiter de temps en temps. Lorsqu'on n'a plus aperçu aucun changement, après la désagrégation de tous les morceaux qui se trouvaient remplacés par un volumineux dépôt, on a versé tout le contenu de la cornue dans un filtre ; on l'a soigneusement lavé avec de l'éther froid, on a retiré ensuite l'entonnoir du filtre, on a laissé pendant plusieurs heures l'éther s'évaporer à l'air libre, et l'on a pesé le résidu qui s'était trouvé insoluble dans cet agent. Il s'élevait à 50 pour 100 de la cire essayée.

La cire végétale, au contraire, n'a laissé que 5 pour 100 de résidu. Cette quantité, relativement si petite, peut être négligée sans inconvénient dans une analyse de ce genre ; au point de vue pratique, on peut donc mettre sur le compte de la cire d'abeilles toute la partie qui n'a pas été dissoute par l'éther et faire les calculs en conséquence. (*Zeitschrift für praktische Chemie et Dingler's polytechnisches Journal.*)

Emploi du goudron de houille contre les insectes. — L'emploi du goudron de houille contre les insectes n'est pas nouveau, mais les expériences qui vont suivre ne sont peut-être pas dépourvues d'intérêt. On a mêlé de la terre de jardin avec environ 4 pour 100 de goudron de houille ; puis on a étendu ce mélange sur un certain nombre de jeunes plantes, en les entourant d'une couche de 0^m,02 d'épaisseur et de 0^m,25 de rayon, et en laissant à elles-mêmes d'autres plantes semblables, dans la vue de faire une comparaison décisive : aucune des plantes protégées n'a été attaquée par les limaçons ni par les insectes, tandis que les autres en ont été dévorées. Une fourmilière considérable, habitée par des fourmis noires, ayant été cou-

verte du mélange, a été abandonnée en une nuit, tandis que tous les autres moyens employés précédemment pour la détruire avaient complètement échoué. (*Landwirthschaftliches Centralblatt*, et *Dingler's polytechnisches Journal*.)

Analyse des vins falsifiés par le suc fermenté des fruits. — On fait évaporer avec précaution 0^k,280 à 0^k,350 du vin que l'on soupçonne, et on lave le résidu avec de l'alcool à 75 pour 100, jusqu'à ce que ce réactif n'entraîne plus rien et coule tout à fait incolore. On verse sur la matière insoluble 0^k,013 d'eau distillée, et, après avoir agité assez longtemps, on jette le tout dans un filtre préalablement mouillé, puis on ajoute quelques gouttes de chlorure de platine dans le liquide qui a traversé le papier et qui doit être bien clair. Si le vin contient du suc de fruits, on voit aussitôt se précipiter du chlorure jaune de platine et de potassium; dans le cas contraire, la liqueur reste claire, ou du moins le léger précipité qui se forme souvent se redissout bientôt spontanément. Le résidu que laisse l'évaporation du vin non falsifié ne contient, en effet, que très-peu de sels potassiques, qui sont entraînés par l'alcool, à l'exception du sulfate de potasse et de la crème de tartre, qui se dissolvent ensuite dans l'eau. Mais le sulfate de potasse est en trop petite quantité pour être précipité par le chlorure de platine qui, dans la solution de crème de tartre, ne produit non plus aucun précipité. Le suc de fruits, au contraire, ou le vin qui en renferme, donne un résidu qui, même après un lavage complet par l'alcool, retient encore une assez grande quantité de sels potassiques pour que le traitement subséquent par l'eau donne une solution susceptible d'être précipitée par le chlorure de platine. (*Morawek's pharmaceutisch-technischer Rathgeber*, et *Dingler's polytechnisches Journal*.)

Poteaux télégraphiques en tubes de locomotives hors de service, par M. Heusinger. — Les poteaux télégraphiques en bois sont sujets à se pourrir promptement et durent à peine six ans. Les frais de leur remplacement sont élevés, et il en résulte une gêne temporaire dans le service. Lorsqu'ils commencent à s'altérer fortement, ils sont facilement cassés par les coups de vent et peuvent occasionner l'interruption des communications télégraphiques, ou même tomber sur la voie et y causer des accidents. Ces considérations ont décidé, dès 1857, la compagnie du chemin de fer central, en Suisse, à essayer sur un parcours de 14,400 mètres, entre Sissach et Olten, l'établissement de poteaux en fer, hauts de 2^m,999, larges de 0^m,048, d'une forme analogue à celle des rails, et pesant de 21 à 22 kilogr. Les isoloirs sont assujettis sur des supports rivés au corps de chaque poteau. La distance entre ces poteaux est proportionnée au rayon des courbes. Ils sont fixés avec du ciment dans des dés solides en pierre calcaire, non gelive, de 0^m,718 de longueur et de 0^m,347 de largeur et de hauteur. Le journal *Eisenbahnzeitung* de 1857 en donne la description complète.

Mais il est plus simple et plus économique d'employer pour ces poteaux les vieux tubes en fer que l'on réforme des chaudières des locomotives. On commence par nettoyer avec soin l'extérieur de ces tuyaux qui ont de 0^m,042 à 0^m,048 de diamètre; et, après en avoir enlevé les incrustations, on les coupe à la longueur convenable (2^m,700

à 2^m,999); on les enduit de goudron par dehors, et on les pose dans les dés avec du ciment ou du soufre. On fixe dans le creux de l'extrémité supérieure du tube un support en fonte s'enfonçant dans le tube par un goujon de 0^m,096 à 0^m,120. Ce support, étant plein, présente à peu près la même résistance que le tube creux, et sa partie saillante, dont le diamètre est d'environ 0^m,054, soutient l'isoloir. Si l'on devait placer plusieurs isoloirs pour porter autant de fils, on confectionnerait en fer forgé des supports de la force et de la forme convenables, et on les fixerait par des rivets. Ces poteaux, en tuyaux réformés, ont sur les autres l'avantage d'utiliser des objets qui n'ont plus qu'une valeur presque nulle et dont les frais d'installation ne dépassent guère ceux des poteaux en bois; de plus, ils sont aussi solides et aussi durables que les poteaux en fer neuf. Ils rendent aussi plus facile la réparation des conducteurs télégraphiques, car il suffit d'une fourche pour enlever du creux des poteaux les supports des isoloirs, que l'on remplace sans peine après la réparation.

Aux croisements de voie, on emploie des tuyaux creux en fonte ayant 1^m,794 à 2^m,093 de hauteur, 0^m,048 de diamètre intérieur, et des parois épaisses de 0^m,006 : on les scelle avec du soufre ou du plomb dans des dés très-solides. Ces tuyaux sont munis de nervures en fonte de 0^m,006 de saillie, renforcées près du pied. Ils se terminent en haut par un support dont le goujon porte le même diamètre que l'intérieur du tuyau, et 0^m,144 de longueur. Sur ce support on place un tube en fer de locomotive, et on l'assujettit par deux rivets à angle droit.

Depuis l'année 1858, on emploie, comme poteaux de télégraphes, sur le chemin de fer de Weissenfels à Géra, des tuyaux en fer forgé, fixés sur des socles de 1^m,794 de hauteur, en pierre de grès. Ces poteaux ont fait un bon service. Or les dispositions proposées par l'auteur sont plus simples et plus économiques. (*Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahn Verwaltungen* et *Dingler's polytechnisches Journal*.)

Sur le collage du papier, par M. Liesching. — L'auteur, par des expériences pratiques exécutées en grand pendant six ans dans une papeterie d'Écosse, a reconnu que, pour le collage du papier au moyen du savon de résine et de l'alun, il n'est nullement indifférent d'employer d'abord l'alun et ensuite le savon de résine, ou de n'appliquer ces deux matières qu'après les avoir mêlées. C'était la dernière de ces méthodes que l'on suivait précédemment dans la manufacture citée, mais les expériences de l'auteur ayant démontré de la manière la plus positive que l'on obtient un collage beaucoup meilleur en employant d'abord l'alun et le faisant suivre de la colle de résine, le fabricant s'est décidé à changer sa première manière d'opérer.

Il paraît donc que, dans la fabrication du papier comme dans la teinture, il est avantageux de donner à l'alun le temps de pénétrer dans les pores de la matière, et de ne le décomposer qu'ensuite par l'addition de la solution de résine.

Quant à la préparation du savon de résine, on emploie, dans cette fabrique, de la soude rendue caustique par l'ébullition avec un lait de chaux vive, et l'on s'en sert pour dissoudre la résine. (*Württembergisches Gewerbeblatt*, et *Dingler's polytechnisches Journal*.)

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION.

PROCÈS - VERBAUX.

Séance du 14 janvier 1863.

M. A. Chevallier, membre du comité des arts chimiques, occupe le fauteuil.

CORRESPONDANCE. — Le Consul des États-Unis à Paris, rue de la Chaussée-d'Antin, 60, adresse la lettre suivante à M. le Président de la Société.

« C'est avec le plus grand plaisir que je remplis les instructions que m'envoie M. le Commissaire du Département de l'agriculture des États-Unis, en vous transmettant le rapport annuel du bureau des patentes pour l'année 1859 et la lettre qui l'accompagne.

« Je profite de l'occasion que l'exécution de ces instructions me procure, pour vous assurer que je serai toujours très-heureux de faciliter de mon mieux tout échange entre la France et les États-Unis, tendant à avancer les intérêts de la science et les relations amicales qui relient les deux pays.

« Agréez, etc. »

Cette lettre est parvenue, avec les documents qu'elle annonce, par les soins de M. Alexandre Wattemare, directeur-fondateur du système d'échange international scientifique, littéraire et agricole, rue de Clichy, 29.

M. P. Flamm, manufacturier, à Phlin (Meurthe), dépose un exemplaire d'un ouvrage qu'il vient de publier sous le titre de : *Le Verrier du XIX^e siècle*, avec prière qu'il soit l'objet d'un rapport. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

M. Ginoul (Augustin), à Tarare (Rhône), envoie une notice sur les divers procédés qu'il a expérimentés pour rendre le cuir imperméable. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. Fourbet, confiseur, rue Saint-Antoine, 162, sollicite, par l'intermédiaire de M. Armengaud aîné, ingénieur civil, l'examen de ses procédés de fabrication, sur grande échelle, des marrons glacés, procédés ayant pour but de réaliser une grande économie de temps et de main-d'œuvre. (Renvoi au même comité.)

M. A. J. Bomblin, fabricant d'échelles, rue de Chabrol, 9, soumet les perfectionnements qu'il a apportés à ses divers systèmes d'échelles, perfectionnements consistant en un échafaudage mobile. (Renvoi au même comité.)

MM. Lenief frères, serruriers-mécaniciens, à Argenteuil, canton d'Ancy-le-Franc (Yonne), sollicitent l'examen de leur système breveté de fermeture pour boutiques avec volets en fer, système exploité par M. Laverdet, entrepreneur de serrurerie, à Paris, rue de Thorigny, 5. (Renvoi au même comité.)

M. Durant, propriétaire, à Blercourt (Meuse), appelle l'attention du Conseil sur un appareil propre à l'apiculture. (Renvoi au comité d'agriculture.)

M. *Tailbouis*, rue des Bourdonnais, 30, prie le Conseil de vouloir bien examiner ses métiers à fabriquer la bonneterie, lesquels fonctionnent dans son établissement de Saint-Just-en-Chaussée (Yonne). (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. *Macé*, constructeur-mécanicien, rue Saint-Sauveur, 20, présente les dessin et description d'un signal à lanterne fixe et mobile pour chemin de fer; ce signal se manœuvre au moyen d'un mécanisme spécial de son invention. (Renvoi au même comité.)

M. *L. Thirion*, curé, à Aische-en-Refait, près Namur (Belgique), adresse une notice et des dessins sur une hélice flexible, destinée à remplacer les engrenages dans les transformations de mouvement. (Renvoi au même comité.)

M. *Rabinet*, ancien horloger, à Châlons-sur-Saône, dépose les dessin et description d'un mouvement perpétuel de transmission avec simplification de rouages, applicable aux pièces d'horlogerie. (Renvoi au même comité.)

M. *Vaissard*, rue Neuve-Pernetty, 36, a fait breveter une machine à balayer dont il sollicite l'examen. (Renvoi au même comité réuni à celui des arts économiques.)

M. *Marino*, menuisier-mécanicien, avenue de Saint-Ouen, 116, présente plusieurs machines et appareils, entre autres une machine hydraulique, une hélice pour bateaux, une table mécanique, etc. (Renvoi aux mêmes comités.)

MM. *A. Michel* et *J. B. Picard*, à Marseille, déposent une note sur leur fabrication de papier à cigarettes entièrement composé de résidus de tabac, et sur les avantages que cette fabrication doit offrir surtout au point de vue de l'emploi des déchets. (Renvoi aux comités des arts chimiques et économiques.)

M. *Benjamin Dubois*, professeur à l'institution impériale des Sourds-muets de Paris, présente un système d'encadrement pour les ardoises dont on se sert dans les écoles primaires et dans le commerce. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Alex. Martin*, de Provins, facteur d'orgues, ayant appris que le Conseil avait été invité à faire examiner le nouvel orgue de Saint-Sulpice dont les travaux viennent d'être terminés, s'empresse de revendiquer l'invention d'un système dont cet orgue est muni. (Renvoi à la commission désignée pour faire cet examen.)

COMMUNICATIONS. — M. *Victor de Luynes*, membre du Conseil, appelle l'attention de la Société

1° Sur les perfectionnements apportés aux compteurs à gaz par M. *Marçais*, ingénieur, rue de Rivoli, 132. Par l'introduction d'organes nouveaux d'une grande simplicité et pouvant s'adapter à tous les appareils en usage, M. Marçais empêche, dans l'intérieur des compteurs, toute variation du niveau de l'eau, dont l'effet serait de fausser les indications de l'instrument.

2° Sur les appareils en verre soufflé construits par M. *Alvergnyat*, rue Gît-le-Cœur, 4; ces appareils sont travaillés avec un soin et une perfection des plus remarquables. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Bazet*, ancien interne des hôpitaux de Paris, quai des Célestins, 24, met sous les yeux du Conseil et explique la machine qu'il a imaginée pour travailler le verre qu'il emploie à la fabrication des appareils dits *néogazogènes*, sur lesquels un rapport a été

présenté par M. Herpin, au nom du comité des arts économiques (1). (Renvoi aux comités des arts chimiques et économiques.)

M. l'abbé *Moigno*, au nom de l'auteur, montre au Conseil et explique les sept grands tableaux géographiques, cosmographiques et cosmogoniques dressés avec grand soin par M. le chevalier *Ignace Villa*, de Florence. (Renvoi au comité des arts économiques.)

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — 1° M. *Lavollée*, administrateur de la compagnie générale des omnibus de Paris;

2° M. *Tourniaire*, fabricant de produits chimiques, à Paris;

3° M. *Lanne*, négociant, à Barcelonne;

4° M. *Leclert*, ingénieur des constructions navales, professeur à l'école impériale du génie maritime.

Séance du 28 janvier 1863.

M. *Michelin*, membre de la commission des fonds, occupe le fauteuil.

Il propose, au nom de plusieurs membres du Conseil, que la Société s'inscrive sur la liste de souscription pour les ouvriers sans travail de l'industrie cotonnière. Cette proposition est adoptée et renvoyée à l'examen du Bureau et de la commission des fonds pour déterminer le chiffre de la somme à souscrire (voir plus haut, p. 3).

CORRESPONDANCE. — M. *Stahl*, mouleur du muséum d'histoire naturelle, rue Saint-Louis-en-l'Île, 3, demande l'examen des perfectionnements qu'il a apportés à ses procédés de moulage, déjà appréciés par la Société (2) dans leur application aux pieds difformes. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Ernest Gervais*, avocat à la cour impériale de Paris, fait hommage d'une brochure intitulée : *De la juridiction commerciale en matière de transport*. (Renvoi au comité de commerce.)

A ce sujet, M. *Baude*, membre du Conseil, recommande d'une manière toute spéciale la brochure de M. *Ernest Gervais*; il l'a lue attentivement et pense, comme l'auteur, qu'il y aurait lieu d'examiner s'il ne conviendrait pas aujourd'hui de modifier les articles 631 et 632 du code de commerce et d'introduire, dans la composition des tribunaux de commerce, des éléments qui représentassent les grandes industries modernes, telles que les chemins de fer, les houillères, etc.

M. *Chiousse*, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 30, adresse la description d'un système de chaudière à vapeur fumivore, avec ampliation d'un rapport fait par M. *Salicis*, lieutenant de vaisseau, ancien élève de l'école polytechnique, qui a expérimenté l'appareil. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. *Delaunay*, boulevard Mont-Parnasse, 125, présente une note sur un condenseur

(1) Voir *Bulletin* de 1862, 2^e série, t. IX, p. 599.

(2) Voir *Bulletin* de 1861, 2^e série, t. VIII, p. 267.

à air, sur un distributeur de chaleur, etc., pour machines à vapeur. (Renvoi au même comité.)

M. *Vautier* fils, fondeur-fontainier, rue Vieille-du-Temple, 60, soumet à l'appréciation du Conseil un système de robinet destiné à amortir ce qu'on nomme le coup de bélier et à prévenir, par conséquent, la rupture des tuyaux de conduite des eaux. (Renvoi au même comité.)

M. *Réveil*, agrégé à l'école de pharmacie, membre de la Société, rue de Sèvres, 149, prie la Société de vouloir bien examiner des échantillons d'une matière textile, extraite du jonc d'Espagne ou sparte, qui lui a été envoyée par M. *Fau*, négociant à Lodève. M. *Réveil* est parvenu à débarrasser cette matière des substances résineuses qui l'accompagnent et à en opérer le blanchiment; il se demande si elle ne pourrait pas être une ressource dans ce moment de crise de l'industrie cotonnière. (Renvoi aux comités des arts chimiques et économiques.)

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du comité d'agriculture, M. *Dailly* donne lecture d'un rapport sur un mode de jonction de tuyaux pour les irrigations, présenté par M. *Cabieu*, ingénieur-géologue à Beaulieu (Corrèze).

M. *Cabieu* s'est proposé d'établir des conduits d'eau économiques, en employant des tuyaux de drainage qu'il soude entre eux à l'aide d'un mastic formé de gutta-percha, de sable, de benzine et d'huile, pour lequel il a pris un brevet.

M. *Tresca*, membre du Conseil, a bien voulu s'assurer de la ténacité et de l'imperméabilité du mastic de M. *Cabieu* en le soumettant à des expériences au Conservatoire des arts et métiers; ces expériences ont été favorables.

Le comité d'agriculture pense qu'il y a lieu de remercier M. *Cabieu* de sa communication et de lui demander de tenir la Société au courant des applications qui pourront en être faites.

COMMUNICATIONS. — M. *Marmet*, de Nevers, présente et explique au Conseil les lampes perfectionnées qu'il a fait construire pour brûler les huiles de schiste et de pétrole; il estime que ses modèles sont inversables, inexplosibles et inodores. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Gondolo*, pâtissier, rue de la Banque, présente les dessins d'un four continu pour la cuisson, pouvant être alimenté avec toute espèce de combustibles. Ce four peut en même temps chauffer un générateur de vapeur, qui donne la force nécessaire pour faire mouvoir un pétrin mécanique. (Renvoi aux comités des arts mécaniques et économiques.)

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

CONSEIL D'ADMINISTRATION.

DÉCISION RELATIVE A LA NOMINATION DE MEMBRES ADJOINTS.

Conformément à l'arrêté pris le 16 janvier 1855,

M. Huzard entendu d'une part, dans la séance publique du 11 février 1863 pour le comité d'agriculture,

Et M. Faure d'autre part, dans la séance du 25 du même mois pour le comité des arts mécaniques,

Le Conseil, après délibération, a décidé que chacun de ces comités était autorisé à présenter une liste de candidats pour la nomination de trois membres adjoints au premier et de deux membres adjoints au second.

ARTS ÉCONOMIQUES.

RAPPORT fait par M. HERPIN, au nom du comité des arts économiques, sur divers appareils pour CHAUFFER LES INSTRUMENTS NÉCESSAIRES A PRESSER, LISSER OU REPASSER A LA MAIN LES TISSUS DE TOUTE ESPÈCE, par M. H. CHAM-BON-LACROISADE, à Paris, rue du Faubourg-Saint-Denis, 186.

On fait usage, dans plusieurs industries telles que celles du tailleur, du
Tome X. — 62^e année. 2^e série. — Février 1863.

chapelier, du repassage du linge, etc., de fers chauds, de formes et de grosseurs différentes, pour polir, lustrer, presser à la main les étoffes et les tissus de toute espèce.

Le plus souvent, les fers sont exposés au contact du feu nu, soit dans un fourneau fixe ou mobile très-imparfait, soit simplement dans un réchaud ouvert alimenté par de la braise ou du charbon, et qui répand dans l'atelier des émanations insalubres et nuisibles à la santé des ouvriers.

M. Chambon-Lacroisade a soumis à votre examen une série d'appareils portatifs, commodes, salubres et fort bien entendus, pour chauffer les fers à repasser de toutes sortes, et présentant un ensemble de dispositions ingénieuses et bien appropriées à leur destination : à l'usage des chapeliers, des tailleurs d'habits, des blanchisseuses de linge, des repasseuses et même des simples ménages.

Ces appareils sont très-économiques et salubres; ils sont alimentés spécialement par le coke; la fumée est conduite au dehors de l'atelier par un tuyau spécial.

Ces mêmes appareils peuvent servir comme calorifères, et on peut y adapter aussi un vase culinaire, sans augmentation notable de dépense.

Les fers n'y sont point exposés au contact direct du feu, et par conséquent leur poli ne peut point être altéré par cette cause; à l'aide de dispositions ingénieuses, ces fers se présentent sous la main de l'ouvrier dans l'ordre du degré de leur température, c'est-à-dire de la durée de leur exposition dans le fourneau.

En vingt minutes et avec une dépense très-minime de coke (10 à 30 centimes) par jour, on peut chauffer et entretenir convenablement chauds quatre fers à repasser et même davantage.

En résumé, les appareils de M. Chambon-Lacroisade nous ont paru remplir convenablement le but que s'est proposé l'inventeur.

J'ai, en conséquence, l'honneur de vous proposer, Messieurs, au nom du comité des arts économiques,

1° De remercier, M. Chambon-Lacroisade de sa communication;

2° De publier le présent rapport dans le *Bulletin*, avec la figure et la description de l'un des appareils.

Signé HERPIN, rapporteur.

Approuvé en séance, le 21 mai 1862.

Fig. 1.

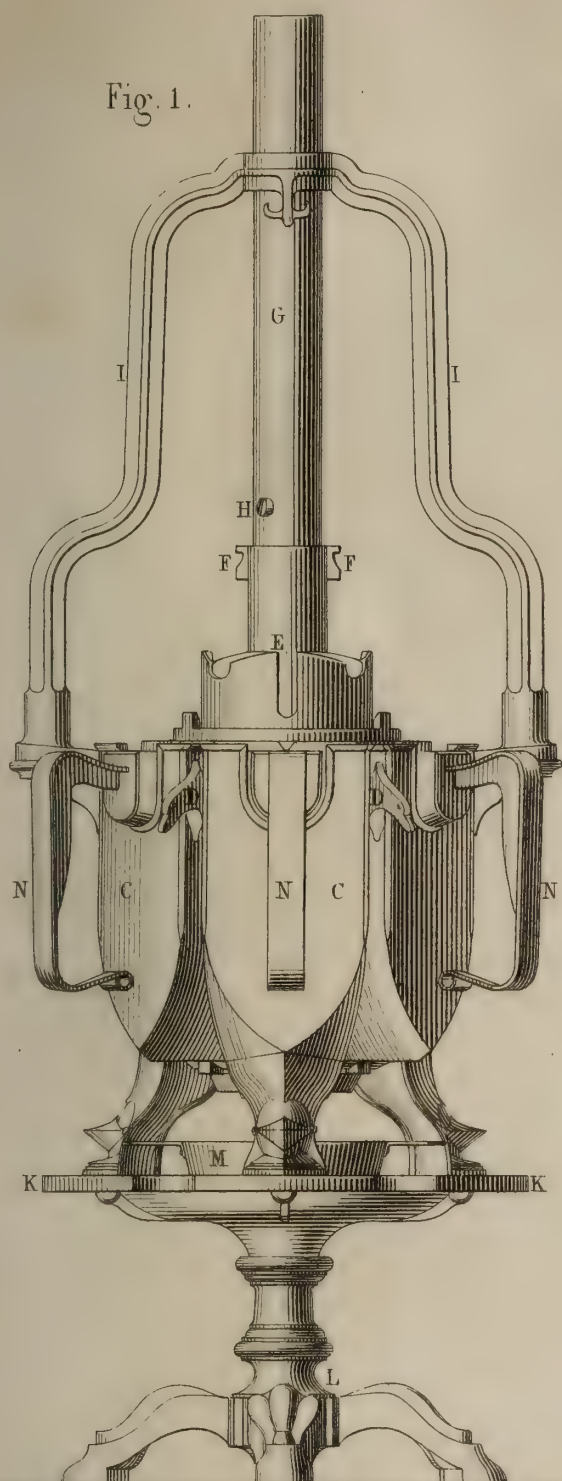


Fig. 2.

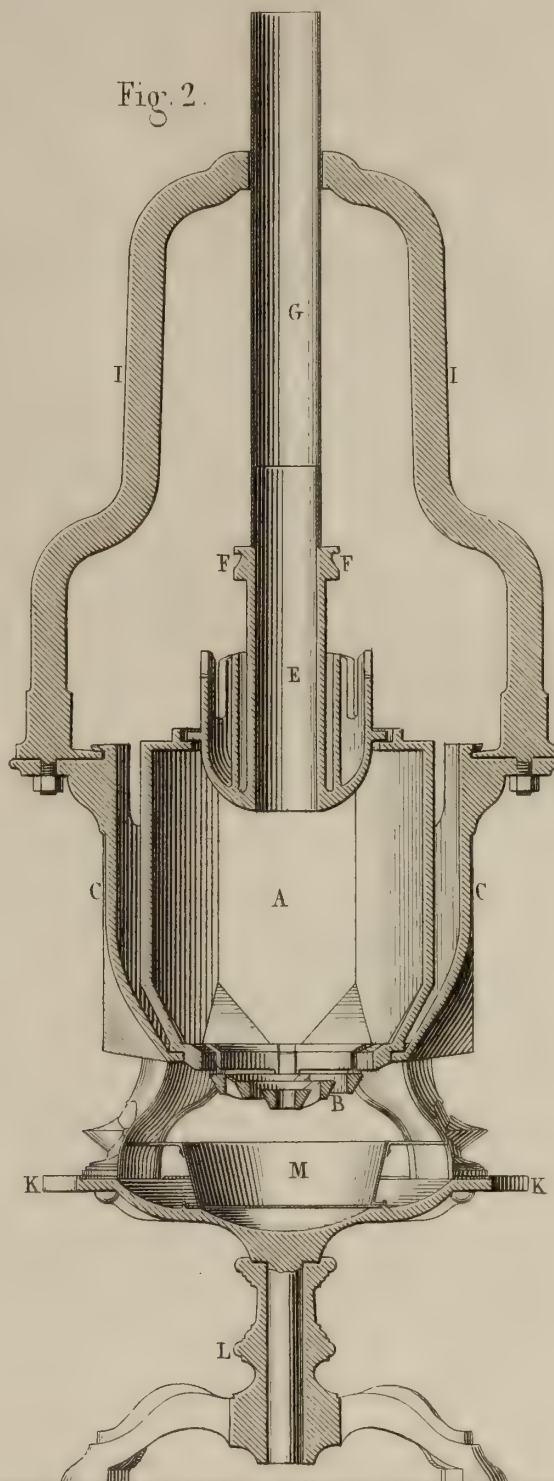


Fig. 3.

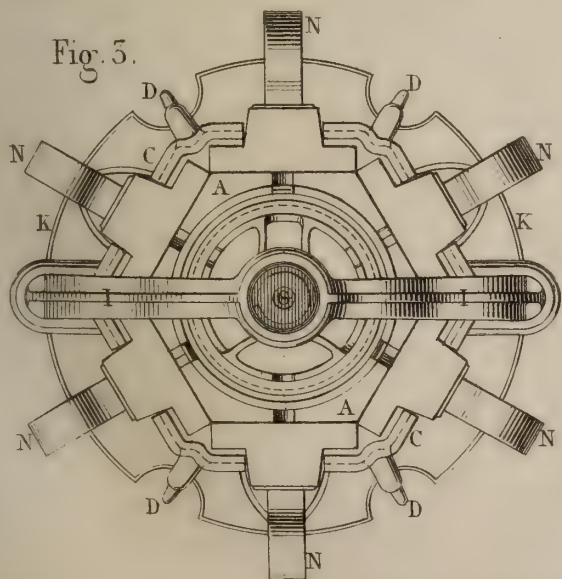


Fig. 4.

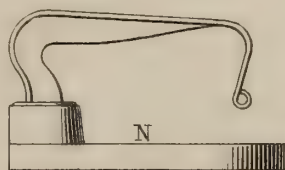
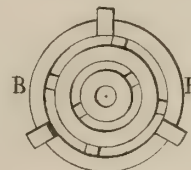


Fig. 5.



1 2 3 Décimètres

LÉGENDE DESCRIPTIVE DE LA PLANCHE 264 REPRÉSENTANT L'UN DES APPAREILS
DE M. CHAMBON-LACROISADE.

Fig. 1. Élévation de l'appareil.

Fig. 2. Section verticale passant par l'axe.

Fig. 3. Vue en dessus.

Fig. 4. Vue de profil d'un fer à repasser.

Fig. 5. Vue séparée de la grille.

L'appareil, qui est tout en fonte, se compose principalement d'un foyer à double enveloppe en forme de prisme vertical. La grille est disposée au bas de l'enveloppe intérieure et les fers à repasser, dont le nombre est égal à celui des côtés du prisme, se placent dans l'espace compris entre les deux enveloppes. L'enveloppe intérieure est fermée à sa partie supérieure par un couvercle de forme spéciale, percé dans toute sa hauteur par la cheminée d'appel dont la base est venue de fonte avec lui. Enfin l'appareil repose, au moyen de trois pieds, sur un petit guéridon dont le plateau mobile permet de le faire tourner à volonté, et d'amener ainsi chaque fer à portée de la main qui doit s'en servir. Le modèle représenté ici est construit pour six fers de blanchisseuse.

A, enveloppe intérieure constituant le foyer proprement dit; il est d'une seule pièce et porte intérieurement, à sa partie inférieure, un rebord muni de trois petits évidements et de trois encoches également espacés, les premiers servant à supporter la grille et les seconds à en permettre la sortie pour le nettoyage.

B, petite grille à barreaux circulaires dont le détail est donné figure 5; le barreau extérieur porte trois petites pattes venues de fonte, qui soutiennent la grille en place en se logeant dans les évidements dont il vient d'être question.

C, enveloppe extérieure dans laquelle le foyer, qu'on introduit par le haut, vient se placer concentriquement en reposant sur un rebord intérieur; elle est exhaussée sur trois pieds venus de fonte, et chacune de ses faces porte en haut une échancrure sur laquelle repose le fer à repasser.

Les six côtés de chaque enveloppe prismatique se terminent inférieurement par des surfaces ogivales analogues à la tête des fers à repasser, disposition qui, en permettant d'enlever de la matière, diminue d'une quantité notable le poids des pièces.

D, becs, au nombre de quatre, venus de fonte avec l'enveloppe extérieure, et servant à enlever l'appareil de dessus son guéridon.

E, cheminée en fonte portant extérieurement un appendice cylindro-sphérique, qui sert de couvercle au foyer A; une nervure circulaire la maintient en place sur un rebord correspondant placé à l'ouverture supérieure de ce foyer. Dans l'appendice ou couvercle sont ménagées plusieurs cavités ou poches à échancrures, dans lesquelles on met chauffer des fers à gaufrer.

F, oreillons venus de fonte avec la cheminée, et servant à la soulever lorsqu'on veut charger le foyer; cette manœuvre s'opère au moyen d'une petite fourche emmanchée d'un côté sur une poignée en bois, qui porte de l'autre un tisonnier.

G, tuyaux en tôle servant de prolongement à la cheminée E, sur laquelle ils s'emboîtent; le premier de ces tuyaux est fixé à demeure au moyen d'une vis H à tête saillante (figure 1), qui sert à accrocher la cheminée lorsqu'on la soulève par ses oreillons.

I, espèce d'anse composée de deux bras à nervures en croix, lesquels se réunissent en forme de lyre à une bague ou anneau supérieur servant de soutien à la partie en tôle de la cheminée qui passe au travers; cet anneau est muni, aux extrémités d'un même diamètre, de deux ancres venues de fonte, à l'une desquelles on accroche la cheminée par la vis saillante H. Les deux bras de la lyre se terminent, à leur partie inférieure, par des épaulements portant en dessous des boulons en fer qui servent, au moyen d'écrous, à les réunir à deux consoles venues de fonte avec l'enveloppe C et sortant du moule avec les deux trous nécessaires au passage de ces boulons; ceux-ci sont réunis aux épaulements de la lyre par empâtement dans le moule au moment de la coulée.

K, plateau du guéridon, sur lequel l'appareil repose par ses trois pieds; il est évidé en forme de cuvette et porte en dessous une tige en fer rondin du commerce, noyée par moulage dans la fonte et servant d'axe de rotation au système.

L, trépied entièrement venu de fonte, surmonté d'une colonne creuse dans laquelle tourne l'axe du plateau K.

M, petite capsule en tôle placée dans la cuvette du plateau K sous la grille du foyer, et faisant fonction de cendrier; deux oreilles fixées de part et d'autre permettent de la retirer pour en vider les escarbilles et les cendres.

N, fers à repasser se logeant dans l'espace compris entre les enveloppes A et C, qui peut en recevoir à volonté de sept dimensions différentes. Ils sont en fonte avec poignée en fer réunie au talon par une seule extrémité, encastrée dans le métal par l'opération même du moulage; cette poignée est formée d'un morceau de fer à T du commerce, dont une partie de la nervure a été enlevée d'un seul coup d'outil, comme on le voit fig. 4, et qui, dans une seule chaude, est courbé mécaniquement suivant la forme voulue.

Pour se servir de l'appareil, on saisit la cheminée avec la fourche-tisonnier, et on l'accroche en haut de la lyre; on allume quelques copeaux sur la grille, on charge du charbon ou du coke en petits morceaux, et l'on remet la cheminée en place; grâce au tirage énergique qui s'établit, le feu s'allume très-rapidement et l'enveloppe intérieure, ne tardant pas à rougir, communique sa chaleur aux fers.

Tous les appareils sont construits de la même manière; leurs dimensions seules varient suivant l'usage auquel ils sont destinés. Quelques-uns d'entre eux sont munis d'un réservoir en tôle entourant la cheminée, et dans lequel de l'eau chauffée au moyen de la chaleur perdue est débitée par un petit robinet.

En résumé, l'appareil se compose de sept pièces venues chacune d'un seul jet. Voici le poids de chacune de ces pièces, pour l'appareil de blanchisseuse que nous venons de décrire et qui porte le n° 3 du tarif :

1° Foyer.	5 ^k ,230
2° Grille.	0 ,220
3° Enveloppe du foyer.	4 ,335
4° Cheminée.	1 ,960
5° Lyre.	1 ,550
6° Plateau-guéridon tournant.	2 ,520
7° Trépied du guéridon.	2 ,320
Total du poids de l'appareil.	18 ^k ,135
Poids de six fers à repasser de la dimension de celui de la fig. 4.	7 ^k ,215
Total général.	25 ^k ,350

(M.)

M. Chambon-Lacroisade a étudié tous les détails de son appareil avec le plus grand soin. Les formes qu'il a données à chacune des parties de ses modèles comportent la plus grande dépouille et dispensent ainsi, pour leur moulage, de toutes pièces battues et de noyaux volumineux ou difficiles à rapporter. Il en résulte que chaque partie, en sortant du sable, est complètement terminée et ne demande, pour ainsi dire, aucun travail d'atelier pour sa mise en œuvre. Quelque modeste que soit le problème que s'est posé l'auteur, on ne saurait donc méconnaître qu'il a fait preuve d'une intelligence très-remarquable en lui donnant une solution à la fois élégante et économique.

(*Note de la commission du Bulletin.*)

ARTS MÉCANIQUES.

EXPOSÉ DES PRINCIPES DE LA THÉORIE MÉCANIQUE DE LA CHALEUR ET DE SES
APPLICATIONS PRINCIPALES, PAR M. CH. COMBES. (*Suite.*) (1)

CHAPITRE II.

Des gaz permanents.

XI. Il résulte des expériences de M. Regnault qu'aucun gaz ne suit exactement, dans les limites de température et de densité où il a opéré, les lois de Mariotte et de Gay-Lussac. Néanmoins quelques gaz que l'on n'est point encore parvenu à liquéfier et en

(1) Voir le chapitre I au *Bulletin* de janvier 1863, p. 12.

particulier l'air atmosphérique et ses deux éléments oxygène et azote, l'hydrogène, l'oxyde de carbone et le deutoxyde d'azote s'en écartent extrêmement peu.

La loi de Mariotte consiste en ceci que, lorsque le volume d'une masse de gaz augmente ou diminue, la température demeurant constante, la force élastique ou pression du gaz diminue ou augmente en raison inverse, de telle sorte que le produit pv reste invariable. Le tableau suivant, emprunté au mémoire de M. Regnault, fait voir dans quelle étendue l'air atmosphérique sec s'écarte de la loi de Mariotte. Les expériences ont été faites à la température de 9°.

Volume en centimètres cubes.	Force élastique en millimètres de mercure.	Produit.
v	p	$p \times v$
1914,90.	776,49.	148747
759,89.	1954,96.	148555
260,88.	5670,82.	147940

Le produit pv diminue un peu à mesure que le volume v diminue et que la pression p augmente; mais la diminution est extrêmement petite. Si l'on calcule, d'après la loi de Mariotte, en partant du volume 1,914^{c.cub.},90 et de la force élastique 776^{mill.},49, la pression qui doit correspondre au volume 260^{c.cub.},88, on trouve 5,701^{mill.},76 au lieu de 5,670^{mill.},82, différence 30^{mill.},94. Le résultat calculé ne s'écarte du résultat observé que de $\frac{54}{10000}$ de celui-ci, pour une compression qui a réduit le volume à moins de $\frac{1}{7,3}$ du volume primitif.

Pour l'hydrogène, les expériences de M. Regnault faites à la température de 4°,22 et consignées dans le premier volume de ses recherches permettent de dresser le tableau suivant :

Volume.	Force élastique.	Produit.
v	p	$p \times v$
1939,17.	3992,10.	7741361
969,86.	7999,09.	7757997
563,34.	13832,05.	7792147
389,95.	20110,99.	7842281

On voit que pour l'hydrogène le produit pv va en croissant, à mesure que le volume diminue et que la pression augmente. C'est l'inverse de ce qui a lieu pour l'air atmosphérique et tous les autres gaz.

Ces dernières expériences ne sont point comparables aux expériences sur l'air atmosphérique rapportées plus haut, parce que les pressions sont beaucoup plus considérables. Pour avoir une idée de l'étendue dans laquelle le gaz hydrogène s'écarte de la loi de Mariotte, on peut comparer les deux premières lignes du tableau. En partant du

volume $v = 1,939,17$ et de la force élastique $p = 5,992^{\text{mill.}},10$, la loi de Mariotte donne pour la force élastique correspondante au volume moitié moindre $969,86, 7,981^{\text{mill.}},94$ au lieu de $7,999,09$, résultat observé. La différence $17^{\text{mill.}},15$ n'est que de

$\frac{21}{10000}$ de celui-ci.

Le gaz acide carbonique s'écarte beaucoup plus de la loi de Mariotte, comme le montre le tableau suivant, extrait du second volume des expériences de M. Regnault.

Volume. v	Force élastique. p	Produit. $p \times v$
1914,90.	774,03.	148219
759,89.	1930,86.	146724
622,78.	2346,43.	146132
260,88.	5449,66.	142171

La loi de Mariotte donnerait, en partant des résultats consignés dans la première ligne du tableau, pour la force élastique correspondante au volume $260,88$, $5,681^{\text{mill.}},50$ au lieu de $5,449,66$, résultat observé. La différence s'élève à $251^{\text{mill.}},84$; elle représente plus des $\frac{42}{1000}$ du résultat observé.

Voici le tableau donné par M. Regnault des expériences qu'il a faites à la température de $7^{\circ},7$ sur divers gaz :

	p	p'	$\frac{p'}{p}$	$\frac{pv}{p'v'}$
Air atmosphérique.	$702^{\text{mill.}},78$	1457,61	2,074	1,00215
Deutoxyde d'azote.	720 ,08	1416,33	1,967	1,00285
Oxyde de carbone.	703 ,18	1457,28	2,072	1,00293
Hydrogène protocarboné.	706 ,53	1383,73	1,958	1,00634
Protoxyde d'azote.	703 ,10	1448,63	2,060	1,00651
Acide carbonique.	774 ,03	1550,63	2,003	1,00722
Gaz acide chlorhydrique.	708 ,93	1460,03	2,059	1,00925
— acide sulfhydrique.	722 ,53	1409,93	1,951	1,01083
Gaz ammoniac.	703 ,53	1435,33	2,040	1,01881
Gaz acide sulfureux.	697 ,83	1341,58	1,922	1,02088
Cyanogène.	703 ,48	1428,58	2,031	1,02353
Hydrogène.	3992 ,10	7999,09	2,004	0,99785

La dernière ligne du tableau précédent est calculée d'après les expériences dont les résultats sont consignés dans les deux premières lignes du tableau des expériences sur la compressibilité de l'hydrogène, que j'ai empruntées au premier volume de M. Regnault. L'azote et l'oxygène s'écartent de la loi de Mariotte sensiblement comme l'air atmosphérique sec.

En définitive, l'écart est extrêmement faible pour tous les gaz que l'on n'est point encore parvenu à liquéfier, à l'exception toutefois de l'hydrogène protocarboné. M. Regnault soupçonne que cette exception unique tient à la présence de quelque substance étrangère. Les rapports précédents changent d'ailleurs notablement avec la température.

XII. La loi de Gay-Lussac consiste en ce que tous les gaz soumis à une pression invariable et d'ailleurs quelconque se dilateraient uniformément, à mesure que la température s'élève. L'accroissement de volume serait, pour chaque degré du thermomètre centigrade, égal à la fraction 0,00375 du volume qu'occuperait le gaz à 0°, sous la même pression.

Il résulte des expériences de MM. Rudberg et Regnault que le coefficient de dilatation 0,00375 donné par les expériences de Gay-Lussac est trop élevé. Les expériences de M. Regnault montrent 1° que l'air atmosphérique, sous une pression constante voisine de la pression barométrique ordinaire, se dilate entre 0° et 100° du thermomètre centigrade, de la fraction 0,567 du volume à 0°, ce qui donne pour chaque degré du thermomètre, en supposant la dilatation uniforme, une dilatation égale seulement à $0,00367 = \frac{1}{272,5}$, soit $\frac{1}{273}$ du volume à 0°, au lieu de 0,00375; 2° que le coefficient de dilatation de l'air atmosphérique augmente sensiblement avec la pression; 3° que le coefficient de dilatation n'est pas le même pour tous les gaz.

Voici le tableau des accroissements de volume que prennent divers gaz soumis à une pression constante, voisine de la pression barométrique ordinaire (760 millim. de mercure), lorsqu'ils sont échauffés de 0 à 100° :

Hydrogène.	0,3661
Air atmosphérique.	0,367
Oxyde de carbone.	0,3669
Acide carbonique.	0,3710
Protoxyde d'azote.	0,3719
Acide sulfureux.	0,3903
Cyanogène.	0,3877

Pour tous les gaz, excepté l'hydrogène, le coefficient de dilatation augmente avec la pression et la densité. M. Regnault a trouvé pour la dilatation de 0 à 100°, sous pression constante :

Pour l'air atmosphérique, sous la pression constante,

de 760 millim. de mercure.	0,36706
de 2525 id.	0,36944
de 2620 id.	0,36964

Pour l'hydrogène sous la pression

de 760 millim. de mercure.	0,36613
de 2545 id.	0,36616

La différence ne dépasse pas les erreurs possibles, et on peut admettre que l'hydrogène entre 0 et 100°, sous la pression de 760 et sous celle de 2,545 millim. de mercure, se dilate de la même fraction de son volume primitif.

Pour l'acide carbonique, entre 0 et 100°, la dilatation est, sous la pression constante,

de 760 millim.	0,37099
de 2520 id.	0,38455

Pour l'acide sulfureux, sous la pression

de 760 millim.	0,3902
de 980 id.	0,398

En résumé, pour les gaz que l'on n'est point parvenu à liquéfier, le coefficient de dilatation, sans être rigoureusement constant, varie assez peu d'un gaz à un autre, et ne subit aussi pour un même gaz que des variations peu considérables avec la densité. Ainsi, pour l'air atmosphérique, le coefficient de dilatation entre 0 et 100° serait, d'après les expériences, de 0,36482 pour une pression variable de 109^{mill.},72 à 149^{mill.},52 de mercure et s'élèverait à 0,37091 pour une pression variable de 3,655^{mill.},56 à 4,992^{mill.},09. La densité a varié, dans ces expériences, dans le rapport de 1 à 33,3 et le coefficient de dilatation dans le rapport de 365 à 371 seulement. M. Regnault conclut de l'ensemble de ses expériences que la constance du coefficient de dilatation est une loi limite qui s'appliquerait aux gaz dans un état de dilatation extrême, et qui s'écarte d'autant plus de la réalité que leurs particules sont plus rapprochées.

XIII. Il résulte des dernières expériences de M. Regnault que la chaleur spécifique sous pression constante de l'air, de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone et généralement des autres gaz permanents que l'on n'est point encore parvenu à liquéfier, est un nombre constant pour chaque gaz, indépendant de la température et de la pression. Ainsi, en faisant circuler dans le serpentin du calorimètre de l'air atmosphérique, avec une assez grande lenteur pour que la pression du gaz, qui s'écoulait librement dans l'atmosphère, n'éprouvât qu'une diminution très-peu sensible depuis son entrée jusqu'à sa sortie, M. Regnault a trouvé pour la chaleur spécifique de l'air en poids, c'est-à-dire pour la quantité de chaleur dépensée pour élever d'un degré la température d'un kilogramme d'air, qui se dilate sous la pression constante de l'atmosphère, la chaleur spécifique de l'eau étant prise pour unité.

Entre — 30° et + 10°. . .	0,23771
Entre ... 0 et + 100°. . .	0,23741
Entre ... 0 et + 200°. . .	0,23751

La moyenne de ces nombres, dont les différences tombent dans les limites des erreurs d'observation, est 0,23754, et l'on doit admettre que cette chaleur spécifique est constante entre — 50° et + 200°.

En opérant au moyen d'un même appareil et suivant la même méthode sur de l'air atmosphérique, traversant le calorimètre sous une pression de 5 mètres de mercure, près de 4 atmosphères, et sur de l'air qui le traversait sous une pression très-voisine de l'atmosphère, M. Regnault a trouvé, pour la chaleur spécifique, des valeurs presque identiques. Dans plusieurs autres séries d'expériences dans lesquelles la pression constante sous laquelle l'air traversait le calorimètre a varié de 1 à 12^{atm.},4, les chaleurs spécifiques ont varié entre deux limites extrêmes, qui sont entre elles dans le rapport des nombres

11009 et 11508 ; ces variations ont été, en outre, irrégulières et sans aucune relation appréciable avec la pression. En conséquence, M. Regnault conclut que la chaleur spécifique de l'air en poids, sous pression constante, est indépendante de la température et de la densité; la valeur moyenne qui résulte de toutes ses expériences est 0,25754.

La chaleur spécifique de l'air, sous pression constante, en poids, étant invariable, il en résulte que la même chaleur spécifique en volume, c'est-à-dire la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température de l'unité de volume d'air qui se dilaterait sous une pression constante, mesure de sa propre force élastique, est proportionnelle à la densité.

Hydrogène. — La chaleur spécifique de l'hydrogène traversant le calorimètre sous une pression égale à celle de l'atmosphère a été trouvée égale à 5,4090 en poids, celle de l'eau étant prise pour unité, en opérant entre 0 et 200°. En opérant entre — 50° et + 8°, M. Regnault a trouvé 5,5996, nombre qui ne diffère pas sensiblement du premier.

Opérant ensuite sous des pressions qui ont varié de 1 à 9 atmosphères, la chaleur spécifique de l'hydrogène a été trouvée la même, sauf des variations irrégulières et très-petites que l'on ne peut attribuer qu'aux erreurs d'observation.

La chaleur spécifique de l'hydrogène en poids, sous pression constante, est donc un nombre constant, quelles que soient la température et la pression; ce nombre est 5,4090.

La densité de l'hydrogène est 0,0692, celle de l'air atmosphérique sec étant prise pour unité. Il suit de là que, si la chaleur spécifique de l'air en volume est représentée par 0,2575, celle de l'hydrogène en volume le sera par le produit $5,4090 \times 0,0692 = 0,2559$; la chaleur spécifique de l'hydrogène en volume, sous pression constante, est donc sensiblement égale à celle de l'air atmosphérique.

Oxyde de carbone. — La chaleur spécifique de l'oxyde de carbone en poids, sous pression constante, entre 0° et 200°, a été trouvée par M. Regnault égale à 0,245, celle de l'eau étant prise pour unité. La densité de l'oxyde de carbone étant de 0,9673 par rapport à celle de l'air, on trouve que, si la chaleur spécifique de l'air en volume est représentée par 0,2575, celle de l'oxyde de carbone en volume le sera par le produit $0,245 \times 0,9673 = 0,257$. La chaleur spécifique de l'oxyde de carbone en volume est donc la même que celle de l'air.

Tandis que la chaleur spécifique de l'air, de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone est un nombre constant, indépendant de la température et de la densité, il en est tout autrement de la chaleur spécifique des gaz que l'on est parvenu à liquéfier. Ainsi M. Regnault a trouvé pour la chaleur spécifique, en poids, du gaz acide carbonique, sous pression constante,

Entre — 30° et + 10° . . .	0,18427
Entre + 10° et + 100° . . .	0,20246
Entre + 10° et + 210° . . .	0,21692

La chaleur spécifique de l'acide carbonique augmente donc rapidement avec la température.

Dans d'autres expériences faites entre les températures de $+30$ et $+190^\circ$, M. Regnault n'a pu constater aucune variation dans la chaleur spécifique de l'acide carbonique, quoiqu'il ait fait varier la pression de 1 à 9 atmosphères; il n'a point expérimenté à de basses températures, où l'influence de la densité eût été sans doute sensible.

XIV. En résumé, les gaz que l'on n'est point parvenu à liquéfier, en les soumettant aux pressions les plus fortes et aux températures les plus basses que nous puissions produire, s'ils ne suivent pas rigoureusement, dans leurs changements de volume, les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, s'en écartent du moins tellement peu, entre les limites de températures et de pressions accessibles à nos expériences, que nous pouvons admettre, sans erreur sensible, qu'ils sont soumis à ces lois qui seront caractéristiques des gaz permanents, dont l'air atmosphérique est le type. On peut admettre pour coefficient uniforme de dilatation, sous pression constante, pour un degré du thermomètre centigrade, la fraction $\frac{1}{273}$. Cela posé, si nous désignons par v_0 le volume occupé par un kilogramme d'un gaz permanent à la température de la glace fondante et sous une pression p_0 ; par v' le volume occupé par la même quantité de gaz, à la même température de 0° et sous une pression quelconque p , nous aurons, d'après la loi de Mariotte,

$$v' = \frac{p_0 v_0}{p}.$$

Si maintenant nous supposons que l'on porte la température du gaz de 0° à t° , la pression p demeurant invariable, le volume v' augmentera, d'après la loi de Gay-Lussac, de $v' \times \alpha t$, α désignant le coefficient de dilatation, et si nous désignons ce volume par v , nous aurons :

$$v = v' (1 + \alpha t),$$

et en remplaçant v' par sa valeur :

$$v = \frac{p_0 v_0 (1 + \alpha t)}{p},$$

d'où

$$\frac{pv}{1 + \alpha t} = p_0 v_0,$$

équation qui, en divisant ses deux membres par $\frac{1}{\alpha}$, prend la forme :

$$\frac{pv}{\frac{1}{\alpha} + t} = \frac{p_0 v_0}{\frac{1}{\alpha}}.$$

Nous remplacerons, pour simplifier $\frac{1}{\alpha}$ par la lettre a , et nous écrirons :

$$\frac{pv}{a + t} = \frac{p_0 v_0}{a},$$

a étant un nombre qui est le même pour tous les gaz permanents et à peu près égal à 273.

D'ailleurs, pour chaque gaz, $\frac{p_0 v_0}{a}$ sera un nombre constant que nous désignerons par R . Voici comment on déterminera ce nombre. Prenons pour exemple l'air atmosphérique. Le poids d'un mètre cube d'air sec, à la température de la glace fondante et sous la pression de 760 millimètres de mercure, équivalente à 10,533 kilogr. sur un mètre carré superficiel, est, d'après les expériences de M. Regnault, de 1^{kil.},2932.

Le volume v_0 d'un kilogramme d'air à 0° est donc égal à $\frac{1 \text{ m. c.}}{1,2932}$. La pression p_0 , correspondante à ce poids, est 10,533 kilogr. en prenant le mètre carré pour unité de surface, comme nous avons pris le mètre cube pour unité de volume. Nous avons donc, pour l'air atmosphérique,

$$R = \frac{p_0 v_0}{a} = \frac{10333 \times 1}{1,2932 \times 273} = 29,27.$$

Pour un autre gaz permanent, dont π_0 représenterait le poids du mètre cube, à 0° et sous la pression de 760 millim. de mercure ou 10,533 kilogr. par mètre carré, nous aurions :

$$R = \frac{p_0 v_0}{a} = \frac{10333 \times 1}{\pi_0 \times 273},$$

c'est-à-dire que le nombre R est inversement proportionnel au poids spécifique du gaz. Donc, pour avoir le nombre R convenable pour un gaz donné, il suffira de diviser le nombre 29,27 qui convient à l'air atmosphérique par le nombre qui exprime la densité du gaz considéré, celle de l'air étant prise pour unité. Ainsi, pour l'hydrogène, on aura :

$$R = \frac{p_0 v_0}{a} = \frac{29,27}{0,0692} = 422,98.$$

La relation entre la température, le volume et la pression, pour les gaz permanents, est, en définitive, exprimée par l'équation :

$$\frac{pv}{a + t} = R,$$

que nous écrirons ainsi :

$$pv = R (a + t), \quad (\text{I})$$

dans laquelle a est un nombre constant pour tous les gaz et R un nombre constant pour chaque gaz et variant d'un gaz à un autre en raison inverse de sa densité.

Le nombre a étant égal à 273, si l'on suppose dans l'équation (I) $t = -273^\circ$, on a $a + t = 0$ et par conséquent $pv = 0$. Donc $p = 0$, quel que soit le volume v .

C'est en raison de cela que l'on considère le 0 absolu de température comme étant situé à 273° au-dessous du 0 de l'échelle du thermomètre centigrade, et qu'on appelle

températures absolues les températures comptées à partir de ce point, lesquelles sont exprimées par $a + t$, t étant la température en degrés centigrades.

XV. De l'équation (I) on obtient par la différentiation :

$$p dv + v dp = R dt,$$

les valeurs des dérivées partielles

$$F'_p(p, v) = \left(\frac{dt}{dp}\right) \text{ et } F'_v(p, v) = \left(\frac{dt}{dv}\right)$$

sont, en conséquence,

$$\left(\frac{dt}{dp}\right) = \frac{v}{R}; \quad \left(\frac{dt}{dv}\right) = \frac{p}{R}.$$

De ces dernières équations, en différentiant la première par rapport à la variable v et la seconde par rapport à la variable p , on tire :

$$F''_{p,v}(p, v) = \frac{d.\left(\frac{dt}{dp}\right)}{dv} = \frac{d.\left(\frac{dt}{dv}\right)}{dp} = \frac{d^2t}{dp dv} = \frac{1}{R}.$$

L'équation générale (I) du § V du chapitre I (*Bulletin* de janvier, page 22), devient donc, pour les gaz permanents,

$$(c - c_1) \times \frac{1}{R} = A,$$

d'où

$$c - c_1 = AR. \quad (\text{II})$$

Nous savons que la chaleur spécifique c , sous pression constante, est un nombre constant pour chaque gaz; il en est de même du nombre R . A , l'équivalent calorifique du travail mécanique, est un nombre invariable. Il résulte donc de l'équation (II) que c_1 , c'est-à-dire la chaleur spécifique, sous volume constant, est, de même que c , un nombre constant pour chaque gaz. La valeur de c_1 , qu'il est extrêmement difficile de déterminer par l'expérience directe et que l'on a cherché à obtenir par des méthodes détournées, est fournie par l'équation (II), quand on y connaît les valeurs de c et de R , qui résultent d'expériences précises, et celle de l'équivalent mécanique de la chaleur. Pour l'air atmosphérique, l'on a

$$c = 0,2375, \quad R = 29,27.$$

En prenant $A = \frac{1}{424}$, on trouve

$$c_1 = c - AR = 0,2375 - \frac{29,27}{424} = 0,1685.$$

Le nombre R variant d'un gaz à un autre en raison inverse de la densité et l'expérience ayant démontré que les chaleurs spécifiques c en poids des gaz permanents, sous pression constante, sont sensiblement en raison inverse des densités, il s'ensuit qu'il en sera de même des chaleurs spécifiques en poids c_1 , sous volume constant.

Il suit de là que le rapport $\frac{c}{c_1}$ des deux chaleurs spécifiques est sensiblement le même pour tous les gaz. Pour l'air atmosphérique, l'on a, d'après les valeurs précédentes de c et de c_1 , pour la valeur constante de ce rapport $\frac{c}{c_1} = \frac{0,2375}{0,1685} = 1,41$, valeur identique avec celle que l'on déduit de la comparaison entre la vitesse observée de la propagation du son dans l'air et la vitesse théorique calculée par les formules de Laplace et de Poisson.

XVI. L'équation (III) du § X, chap. I, nous donnera la fonction générale $\varphi(t)$; en y remplaçant, par leurs valeurs relatives aux gaz permanents, les dérivés

$$\left(\frac{dt}{dp}\right), \left(\frac{dt}{dv}\right) \text{ et } \frac{d^2t}{dpdv},$$

nous avons :

$$\varphi(t) = \frac{\left(\frac{dt}{dp}\right) \times \left(\frac{dt}{dv}\right)}{\frac{d^2t}{dpdv}} = \frac{\frac{v}{R} \times \frac{p}{R}}{\frac{1}{R}} = \frac{pv}{R}.$$

En remplaçant pv par sa valeur $R(a + t)$, il vient :

$$\varphi(t) = a + t. \quad (\text{III})$$

La fonction générale $\varphi(t)$ n'est donc autre chose que la température du thermomètre centigrade augmentée de 273° , ou encore la température du corps comptée à partir du zéro absolu. Cette fonction, je le rappelle, est la même pour tous les corps.

XVII. Si, dans l'équation (b) du § IX, chap. I, nous remplaçons X par $c_1 \left(\frac{dt}{dp}\right) = c_1 \times \frac{v}{R}$ et $Y + Ap$ par $c \left(\frac{dt}{dv}\right) = c \times \frac{p}{R}$, ce qui donne $Y = c \times \frac{p}{R} - Ap$, cette équation devient :

$$dU = c_1 \times \frac{vdp}{R} + c \times \frac{pdv}{R} - Apdv = \frac{1}{R} [c_1 vdp + (c - AR) pdv].$$

De l'équation $c - c_1 = AR$ on tire : $c - AR = c_1$. L'équation précédente se réduit donc à :

$$dU = \frac{c_1}{R} (vdp + pdv). \quad (\text{IV})$$

$\frac{c_1}{R}$ étant un nombre constant, le second membre de l'équation précédente est la différentielle exacte du produit $\frac{c_1}{R} \times pv$. L'intégration donne, par conséquent, pour la chaleur interne d'un gaz permanent,

$$U = \frac{c_1}{R} \times pv + C.$$

Remplaçant, dans l'équation précédente, le produit pv par $R(a + t)$; elle devient :

$$U = c_1(a + t) + C.$$

Ainsi la chaleur interne d'un gaz permanent, sous l'unité de poids, ne dépend que de la température et croît proportionnellement à cette température. Appelant U_0 la chaleur interne du gaz à la température de la glace fondante, nous avons, pour déterminer la constante C , l'équation :

$$U_0 = c_1 \times a + C,$$

donc :

$$U - U_0 = c_1 \times t. \quad (IV')$$

$c_1 \times t$ n'est autre chose que la quantité de chaleur qu'il faudrait communiquer à un kilogramme de gaz à la température de 0° , quelles que fussent d'ailleurs sa force élastique et sa densité, pour élever de t° la température de ce gaz, son volume demeurant absolument invariable. L'équation (IV') exprime que l'accroissement de la chaleur interne du gaz, en passant de 0° à t° , reste toujours le même, quelques variations qu'aient subies dans ce passage sa force élastique et son volume, que si le volume du gaz était demeuré tout à fait invariable.

La substitution respective à X et $Y + Ap$, dans l'équation du § IX du chap. I, de $c_1 \times \frac{v}{R}$ et $c \times \frac{p}{R}$, nous donne :

$$dQ = \frac{1}{R} [c_1 v dp + c p dv], \quad (V)$$

équation dont le second membre n'est plus une différentielle exacte des variables indépendantes p et v , et qui ne peut, par conséquent, être intégrée que lorsqu'une relation donnée entre p et v permet d'éliminer une de ces variables.

Voici les exemples les plus usuels de relations de ce genre :

1° Si l'on suppose que le volume demeure constant pendant l'échauffement du gaz, on a $dv = 0$ et l'équation (V) se réduit à :

$$dQ = \frac{1}{R} \times c_1 v dp.$$

Mais $v dp$ peut être ici exprimé en fonction de la température t du gaz, car l'équation différentielle $dt = \frac{1}{R} (v dp + p dv)$, qui caractérise les gaz permanents, se réduit, dans l'hypothèse que $dv = 0$ à $dt = \frac{1}{R} v dp$. On a donc simplement :

$$dQ = c_1 dt,$$

Ce qui n'est autre chose que la traduction, en langage algébrique, de la définition même de la chaleur spécifique sous volume constant. L'intégration, à partir de $t = 0$, donne pour l'expression de la chaleur à communiquer au gaz pour l'échauffer de t° ,

sous volume constant,

$$Q = c_1 \times t.$$

La chaleur dépensée est donc, dans ce cas, égale à l'accroissement même de la chaleur interne du gaz, et l'on aurait pu arriver immédiatement à cette conclusion, puisque l'échauffement d'un gaz, sous volume constant, ne donne lieu à aucun développement de travail mécanique extérieur.

2° Si l'on suppose que la pression demeure invariable, le volume seul changeant avec la température, l'équation (V), dans laquelle il faut faire $dp = 0$, se réduit à :

$$dQ = \frac{1}{R} \times cp dv.$$

Mais de l'équation $dt = \frac{1}{R} (vdp + pdv)$, on tire, en y faisant $dp = 0$,

$$dt = \frac{1}{R} \times p dv :$$

donc, dans le cas que nous considérons :

$$dQ = c dt ;$$

ce qui n'est encore que la traduction, en langage algébrique, de la définition de la chaleur spécifique sous pression constante.

L'intégration, à partir de $t = 0$, donne :

$$Q = c \times t.$$

D'après l'équation (IV), l'accroissement de la chaleur interne du gaz, en passant de 0 à t^0 , est, dans tous les cas, égal à $c_1 \times t$. Donc, lorsque l'on chauffe un kilogramme de gaz permanent de 0 à t^0 sous pression constante, la quantité de chaleur dépensée excède l'accroissement de la chaleur interne de $(c - c_1) \times t$. Cette dernière quantité de chaleur qui a disparu est donc l'équivalent calorifique du travail mécanique externe, dû à la dilatation du gaz. Ce dernier travail est, en désignant par v_0 le volume du gaz à 0^0 , par v le volume qu'il a pris à t^0 et par p la pression constante sous laquelle la dilatation s'est opérée, exprimé par $p (v - v_0)$; on doit donc avoir :

$$(c - c_1) t = Ap (v - v_0), \quad (a)$$

A désignant, comme toujours, l'équivalent calorifique du travail. Or, en vertu de l'équation générale caractéristique des gaz permanents, nous avons :

entre p , v et t la relation. $pv = R (a + t)$,

entre p , v_0 et la température 0 la relation $pv_0 = Ra$,

donc

$$pv - pv_0 = p (v - v_0) = Rt,$$

quels que soient v_0 et v . Substituant cette valeur dans l'équation (a), elle devient :

$$(c - c_1) t = ARt.$$

En divisant les deux nombres par t , nous retombons sur l'équation déjà connue

$$c - c_1 = AR.$$

3° Si l'on suppose que la température demeure constante, pendant que le gaz augmente on diminue le volume, la pression suit la loi de Mariotte et le produit pv demeure constant :

En conséquence, la différentielle de ce produit est nulle, et l'on a

$$pdv + vdp = 0,$$

résultat qu'on pourrait aussi déduire de l'équation $dt = \frac{1}{R} (vdp + pdv)$, en y faisant $dt = 0$.

L'équation (IV) du § XVII, quand on y fait $pdv + vdp = 0$, se réduit à $dU = 0$, ce qui nous montre que la chaleur interne du gaz ne subit aucune variation. C'est ce que nous apprenait déjà l'équation (IV') $U - U_0 = c_1 \times t$, qui montre que, pour une même température t , la chaleur interne est la même, quelle que soit la densité du gaz.

Puisque la chaleur interne du gaz ne subit aucune variation, la chaleur reçue ou émise au dehors par le gaz, pendant le changement de volume, est l'équivalent calorifique du travail mécanique développé ou subi par le gaz. Or l'équation (V), lorsque l'on y introduit la condition $vdp + pdv = 0$, ou $vdp = -pdv$, devient :

$$dQ = \frac{1}{R} (c - c_1) pdv.$$

De l'équation $pv = R(a + t)$, on tire d'ailleurs $p = \frac{R(a + t)}{v}$, valeur qui, substituée dans l'équation précédente, donne :

$$dQ = (c - c_1) (a + t) \frac{dv}{v}.$$

Intégrant depuis un volume donné v_0 du gaz jusqu'au volume v , il vient, pour la quantité de chaleur nécessaire pour entretenir constante la température t pendant la dilatation,

$$Q = (c - c_1) (a + t) L \cdot \frac{v}{v_0}. \quad (m)$$

Q est positif ou négatif, c'est-à-dire que le gaz reçoit ou émet de la chaleur, suivant que v est plus grand ou plus petit que v_0 , c'est-à-dire suivant qu'il s'est dilaté ou contracté. En désignant par F le travail mécanique externe résultant de la dilatation ou exigé par la compression, nous devons avoir, d'après ce qui a été dit plus haut :

$$(c - c_1) (a + t) L \cdot \frac{v}{v_0} = AF. \quad (n)$$

En remplaçant, dans cette équation, $c - c_1$ par sa valeur AR et se rappelant que $R(a + t) = pv = p_0 v_0$, où p et p_0 sont les forces élastiques du gaz respectivement

correspondantes aux volumes v et v_0 , nous retombons, après avoir divisé les deux membres par A , sur l'équation connue :

$$F = p_0 v_0 L \cdot \frac{v}{v_0}, \quad \text{ou bien } F = p v L \cdot \frac{v}{v_0}.$$

Les équations (m) et (n), en y remplaçant simplement $c - c_1$ par AR , et divisant les deux membres de la seconde par A , prennent la forme :

$$Q = AR (a + t) L \cdot \frac{v}{v_0},$$

$$F = R (a + t) L \cdot \frac{v}{v_0}.$$

D'où l'on voit que, pour une même valeur du rapport $\frac{v}{v_0}$ et pour un même gaz, la chaleur dépensée ou recouvrée et le travail mécanique correspondant sont proportionnels à la température *absolue* sous laquelle le changement de volume se produit, et complètement indépendants des valeurs absolues des volumes et des pressions à l'origine et à la fin. Ainsi, que l'on prenne un kilogramme d'air sous un volume quelconque à la température de 100° par exemple, et que l'on double ce volume, la chaleur à dépenser pour entretenir la température de 100 degrés constante pendant la dilatation et le travail mécanique obtenu seront toujours les mêmes. Si l'on se rappelle que le nombre R varie d'un gaz à l'autre en raison inverse de la densité, on remarquera que, pour une même température et un même rapport entre le volume initial et final, la chaleur à dépenser et le travail mécanique seront en raison inverse des densités. Mais si, au lieu d'opérer sur des poids égaux, on opérerait sur des volumes égaux de différents gaz, les poids étant alors en raison directe des densités, la chaleur dépensée et le travail mécanique pour un même rapport $\frac{v}{v_0}$ et une même température seraient indépendants de la nature du gaz employé.

4° Supposons maintenant qu'un gaz change de volume, sans addition ni perte de chaleur. Cette condition s'exprimera en posant $dQ = 0$ dans l'équation (V), qui devient alors :

$$\frac{1}{R} (c_1 v dp + c p dv) = 0,$$

ou simplement,

$$c_1 v dp + c p dv = 0.$$

Il suffit, pour intégrer celle-ci, de diviser ses deux membres par le produit $p \times v$. Elle devient alors :

$$c_1 \frac{dp}{p} + c \frac{dv}{v} = 0.$$

En effectuant l'intégration, il vient

$$c_1 L \cdot \frac{p}{p_0} + c L \cdot \frac{v}{v_0} = 0,$$

où p_0, v_0 sont la pression et le volume initiaux, p, v la pression et le volume finals.

On tire de là :

$$L \cdot \frac{p}{p_0} = -\frac{c}{c_1} L \cdot \frac{v}{v_0},$$

et enfin

$$\frac{p}{p_0} = \left[\frac{v_0}{v} \right]^{\frac{c}{c_1}}.$$

Ainsi, quand un gaz change de volume sans addition ni soustraction de chaleur, sa force élastique varie en raison inverse de la puissance $\frac{c}{c_1}$ du volume. C'est le résultat auquel Laplace et Poisson étaient déjà arrivés, en partant des données admises dans l'ancienne théorie, à savoir : que la quantité de chaleur ajoutée ou soustraite vient, dans tous les cas, en augmentation ou en diminution de la chaleur interne d'un corps.

Le changement de volume du gaz, sans addition ni perte de chaleur, produit ou exige un travail mécanique externe dont l'expression est l'intégrale $\int_{v_0}^v p dv$, en supposant, bien entendu, que le milieu ambiant réagit sur le gaz avec une force constamment égale à sa propre force élastique pendant la variation de volume. Aucune quantité de chaleur n'étant ici, par hypothèse, ni reçue, ni émise, c'est la chaleur interne du gaz elle-même qui diminue ou augmente d'une quantité équivalente au travail mécanique obtenu ou exercé. Aussi la dilatation du gaz est-elle toujours accompagnée d'un abaissement et sa compression d'une élévation de la température. Or nous savons que l'accroissement positif ou négatif de la chaleur interne d'un gaz, lorsqu'il passe d'une température t_0 à une température différente t_1 , est toujours exprimé par $c_1 (t_1 - t_0)$. Donc, si nous désignons par F le travail mécanique obtenu ou dépensé pour un changement de volume d'un gaz sans addition ni émission de chaleur, nous aurons, dans tous les cas, en désignant par t_0 la température initiale et t_1 la température finale du gaz,

$$c_1 (t_1 - t_0) = AF.$$

F est donc déterminé, dès que l'on connaît les températures t_0 et t_1 , ou même simplement l'écart existant entre elles.

XVIII. L'intégration directe de l'expression $\int_{v_0}^v p dv$, dans laquelle on introduit la relation

lation $\frac{p}{p_0} = \left[\frac{v_0}{v} \right]^{\frac{c}{c_1}}$, conduit au même résultat sous une forme différente. Remplaçons, pour abréger, le rapport $\frac{c}{c_1}$ que nous savons être un nombre constant pour chaque

gaz, par la lettre k , et écrivons,

$$\frac{p}{p_0} = \frac{v_0^k}{v^k}, \text{ d'où } p = \frac{p_0 v_0^k}{v^k}.$$

Cette valeur substituée à p dans l'intégrale $\int_{v_0}^v p dv$, celle-ci devient, en faisant sortir les termes constants $p_0 v_0^k$ de dessous le signe

$$\begin{aligned} \int_{v_0}^v p dv &= p_0 v_0^k \int_{v_0}^v \frac{dv}{v^k} = \frac{p_0 v_0^k}{k-1} \left[\frac{1}{v_0^{k-1}} - \frac{1}{v^{k-1}} \right] \\ &= \frac{1}{k-1} p_0 v_0^k \frac{v^{k-1} - v_0^{k-1}}{v_0^{k-1} v^{k-1}} = \frac{1}{k-1} p_0 v_0 \left(1 - \frac{v_0^{k-1}}{v^{k-1}} \right). \end{aligned}$$

Telle est la valeur du travail F donnée par l'intégration.

Mais $p_0 v_0 = R (a + t_0) . \quad k-1 = \frac{c}{c_1} - 1 = \frac{c - c_1}{c_1};$

donc,

$$\frac{1}{k-1} p_0 v_0 = \frac{c_1 R (a + t_0)}{c - c_1}.$$

En ayant égard à la relation $c - c_1 = AR$, on a simplement :

$$\frac{1}{k-1} p_0 v_0 = \frac{c_1 (a + t_0)}{A}.$$

Le rapport $\frac{v_0^{k-1}}{v^{k-1}}$ peut aussi être transformé comme il suit :

On a, ainsi que nous l'avons vu, l'équation

$$p v^k = p_0 v_0^k = p_0 v_0 \times v_0^{k-1};$$

remplaçant $p_0 v_0$ par sa valeur $R (a + t_0)$, il vient :

$$p v^k = R (a + t_0) v_0^{k-1};$$

d'un autre côté, on a la relation générale,

$$p v = R (a + t_1).$$

Divisant la première équation par la seconde, il vient :

$$v^{k-1} = \frac{a + t_0}{a + t_1} v_0^{k-1},$$

d'où l'on tire

$$\frac{v_0^{k-1}}{v^{k-1}} = \frac{a + t_1}{a + t_0},$$

et

$$1 - \frac{v_0^{k-1}}{v^{k-1}} = 1 - \frac{a + t_1}{a + t_0} = \frac{t_0 - t_1}{a + t_0}.$$

Remplaçant maintenant dans l'expression du travail mécanique produit

$$F = \frac{1}{k-1} p_0 v_0 \left(1 - \frac{v_0^{k-1}}{v^{k-1}} \right)$$

$\frac{1}{k-1} p_0 v_0$ et $1 - \frac{v_0^{k-1}}{v^{k-1}}$ par les valeurs trouvées ci-dessus, nous avons :

$$F = \frac{c_1 (a + t_0)}{A} \times \frac{t_0 - t_1}{a + t_0} = \frac{c_1}{A} (t_0 - t_1),$$

expression identique avec celle que nous avons trouvée, en égalant le produit AF à la diminution $c_1 (t_0 - t_1)$ de la chaleur interne du gaz.

XIX. Considérons maintenant un gaz dans une évolution complète et *renversible* entre deux sources indéfinies de chaleur l'une à la température t_0 , l'autre à la température t_1 que nous supposons plus petite que t_0 . Soit un kilogramme de gaz à la température t_0 , occupant un volume v_0 ; soit p_0 la force élastique qui est déterminée, lorsque l'on connaît t_0 et v_0 :

1° Le gaz se dilate d'abord du volume v_0 à un volume quelconque v_1 , en recevant de la source supérieure la chaleur nécessaire pour entretenir sa température constamment égale à t_0 , et en exerçant une pression variable et décroissante égale à sa force élastique sur la paroi qui réagit sur lui avec une force égale.

Le travail mécanique produit par la dilatation du gaz sera :

$$F_1 = R (a + t_0) L \cdot \frac{v_1}{v_0}.$$

La chaleur puisée dans la source supérieure, pour maintenir la température constante, sera :

$$Q_1 = AR (a + t_0) L \cdot \frac{v_1}{v_0};$$

elle est convertie tout entière en travail mécanique.

2° Le gaz se dilate sans addition ni perte de chaleur, jusqu'à ce que sa température se soit abaissée de t_0 à t_1 . Pendant ce temps, il exerce sur la paroi mobile de l'enveloppe une pression et éprouve, de la part de cette enveloppe, une réaction constamment égale à sa force élastique décroissante.

Le travail mécanique produit par cette dilatation est :

$$F' = \frac{c_1}{A} (t_0 - t_1).$$

La chaleur interne du gaz a éprouvé une diminution

$$q' = c_1 (t_0 - t_1).$$

Cette chaleur, qui a disparu, est équivalente au travail mécanique produit. Lorsque la température du gaz est devenue égale à t_1 , son volume est devenu égal à v_2 ; v_2 est

déterminé par l'équation :

$$v_2^{k-1} = v_1^{k-1} \times \frac{a+t_0}{a+t_1}, \text{ d'où } v_2 = v_1 \times \left(\frac{a+t_0}{a+t_1} \right)^{\frac{1}{k-1}}.$$

5° Le gaz est mis en relation avec la source indéfinie de chaleur à la température constante t_1 . Il est comprimé par une force mécanique extérieure, jusqu'à ce que son volume soit réduit de v_2 à v_3 , v_3 étant à v_2 comme le volume primitif v_0 est au volume v_1 , de sorte que l'on a : $\frac{v_3}{v_2} = \frac{v_0}{v_1}$. Pendant ce temps la chaleur développée par le travail mécanique externe qui comprime le gaz s'écoule dans la source à la température t_1 et le gaz est maintenu constamment à cette température.

Le travail mécanique dépensé pour comprimer le gaz est :

$$F_2 = R (a+t_1) L \cdot \frac{v_2}{v_3} = R (a+t_1) L \cdot \frac{v_1}{v_0}.$$

La chaleur versée dans la source inférieure est l'équivalent de la totalité de ce travail mécanique, puisque, la température du gaz demeurant invariable, il en est de même de sa chaleur interne. Cette quantité de chaleur étant représentée par Q_2 , on a :

$$Q_2 = AR (a+t_1) L \cdot \frac{v_1}{v_0}.$$

4° Le gaz est comprimé sans addition ni soustraction de chaleur, jusqu'à ce que sa température se soit élevée de t_1 à la température primitive t_0 . Son volume sera en même temps redevenu égal au volume primitif v_0 ; car, en désignant le volume réduit par v_4 , on a la relation :

$$v_4 = v_3 \left(\frac{a+t_1}{a+t_0} \right)^{\frac{1}{k-1}};$$

mais on a $\frac{v_3}{v_2} = \frac{v_0}{v_1}$, d'où $v_3 = v_2 \times \frac{v_0}{v_1}$,

et comme $v_2 = v_1 \times \left(\frac{a+t_0}{a+t_1} \right)^{\frac{1}{k-1}}$, $v_3 = v_0 \left(\frac{a+t_0}{a+t_1} \right)^{\frac{1}{k-1}}$.

Donc, enfin, $v_4 = v_0$. Le gaz est ainsi revenu complètement à son état primitif dans la quatrième partie de son évolution; le travail mécanique dépensé est :

$$F'' = \frac{c_1}{A} (t_0 - t_1).$$

La chaleur équivalente à ce travail est

$$q'_1 = c_1 (t_0 - t_1);$$

elle s'est ajoutée tout entière à la chaleur interne du gaz.

En résumé, considérant l'évolution complète,

Le travail mécanique produit par l'expansion du gaz d'abord à température constante, pendant qu'il est en communication avec la source supérieure de chaleur, ensuite à température décroissante, pendant qu'il est isolé de toute source de chaleur, est :

$$F_1 + F' = R (a + t_0) L \cdot \frac{v_1}{v_0} + \frac{c_1}{A} (t_0 - t_1).$$

Le travail mécanique dépensé pour la compression du gaz d'abord à la température constante t_1 , pendant qu'il communique avec la source de chaleur inférieure, ensuite à température croissante, pendant qu'il est isolé, est :

$$F_2 + F'' = R (a + t_1) L \cdot \frac{v_1}{v_0} + \frac{c_1}{A} (t_0 - t_1).$$

La différence égale au travail mécanique définitivement obtenu est donc :

$$R (t_0 - t_1) L \cdot \frac{v_1}{v_0}.$$

La chaleur puisée à la source supérieure, pendant la première partie de l'expansion, est :

$$Q = AR (a + t_0) L \cdot \frac{v_1}{v_0}.$$

La chaleur versée dans la source inférieure, pendant la première partie de la compression, est :

$$Q_1 = AR (a + t_1) L \cdot \frac{v_1}{v_0}.$$

La différence ou la chaleur disparue $Q - Q_1 = AR (t_0 - t_1) L \cdot \frac{v_1}{v_0}$

est l'équivalent calorifique du travail mécanique définitivement produit. Le rapport $\frac{Q}{Q_1}$ des quantités de chaleur puisées à la source supérieure et versées dans la source

inférieure est : $\frac{a + t_0}{a + t_1}$.

Le rapport du travail définitivement obtenu à la chaleur Q puisée dans la source supérieure est :

$$\frac{1}{A} \frac{t_0 - t_1}{a + t_0}.$$

Le rapport du même travail à la chaleur Q_1 transmise à la source inférieure est :

$$\frac{1}{A} \frac{t_0 - t_1}{a + t_1}.$$

XX. Nous citerons, comme exemple de machine à gaz satisfaisant très-bien aux conditions d'économie de chaleur indiquées par la théorie, la machine de M. Franchot, qui a figuré en modèle à l'Exposition universelle de 1855, à Paris, mais que son auteur n'est pas parvenu à exécuter en grand.

La machine de M. Franchot se compose essentiellement de deux cylindres de même longueur, et dont les diamètres peuvent être égaux ou inégaux; nous les supposerons égaux. Ces cylindres ont leurs axes parallèles et sont entretenus constamment, le premier à la température T et le second à une température moindre t . Ils sont mis directement en communication, à leurs extrémités supérieures et inférieures (nous supposons leurs axes verticaux), par des conduits fermés dans lesquels sont placés des paquets de toiles métalliques. Dans chacun des cylindres se meut un piston. Les tiges de ces pistons agissent, au moyen de bielles, sur les manivelles d'un même arbre porteur d'un volant. Les rayons des manivelles comprennent entre eux un angle droit, et les bielles sont disposées de façon que, dans la marche de la machine, la manivelle à laquelle est relié le piston du cylindre *chaud* soit toujours en avance de 90 degrés, dans le mouvement de rotation de l'arbre, sur la manivelle à laquelle est relié le piston du cylindre *froid*. Ainsi, en négligeant l'influence de l'obliquité des bielles, lorsque le piston du cylindre chaud est à l'extrémité supérieure de sa course, le piston du cylindre froid est au milieu de sa course ascendante; quand le piston du cylindre chaud arrive au milieu de sa course descendante, le piston du cylindre froid est à sa position la plus élevée; tandis que le piston du cylindre chaud parcourt la seconde moitié de sa course descendante, le piston du cylindre froid parcourt la première moitié de sa course descendante, etc.

Concevons que les deux cylindres et les conduits de communication qui existent entre eux aient été remplis, dans l'origine, d'air à une pression p et à la température t que devra conserver le cylindre froid. Soient S la section droite de chaque cylindre ou l'aire superficielle de chaque piston; $2L$ la longueur commune de la course des pistons, égale au double du rayon commun L des deux manivelles; l la longueur développée de chacun des conduits qui mettent les cylindres en communication par leurs extrémités supérieures et inférieures, réduite à la section libre S des cylindres; en d'autres termes, soit le produit $l \times S$ la capacité libre et occupée par l'air de chacun des conduits où sont placés les paquets de toiles métalliques, y compris les espaces des deux cylindres dits *nuisibles*, c'est-à-dire où les pistons ne pénètrent pas. Le volume total de l'air contenu dans les cylindres et les conduits, à l'origine, sous la pression p et à la température t , sera exprimé par $2(2L + l)S$. On suppose, en outre, cet air séparé par les pistons en deux parties égales en poids, situées l'une au-dessus, l'autre au-dessous des pistons.

Cela posé, pour mettre la machine en train, on chauffera l'un des cylindres jusqu'à une température fixe T , l'autre étant maintenu à la température moindre t ; les communications entre les extrémités des deux cylindres restant toujours libres, la pression, en négligeant l'influence du mouvement de l'air et des résistances dont ce mouvement est la cause, sera constamment la même sur les faces supérieures et aussi la même sur

les faces inférieures des deux pistons. Si donc, à l'origine, le piston du cylindre que l'on a chauffé est au milieu de sa course par exemple, celui du cylindre maintenu froid étant au point le plus élevé de la sienne, il est évident que les deux pistons commenceront tous deux à descendre, mais le second d'un mouvement beaucoup plus lent que le premier et que celui-ci imprimera à l'arbre des manivelles un mouvement de rotation dans lequel sa manivelle précédera de 90° celle de l'autre piston, et ce mouvement de rotation continuera à avoir lieu dans le même sens. Les deux masses d'air séparées par les pistons passeront d'un cylindre à l'autre alternativement. Dans le passage du cylindre chauffé au cylindre maintenu froid, l'air déposera l'excès de sa chaleur interne sur les toiles métalliques placées dans la conduite qu'il parcourt, et, à son tour, l'air venant du cylindre froid au cylindre chaud reprendra, en passant sur ces mêmes toiles, la chaleur qui y était déposée et comme emmagasinée. Les points de contact de l'air et des toiles étant très-multipliés, et les conduites à leurs extrémités étant maintenues aux mêmes températures respectives que les cylindres auxquels elles aboutissent, la température des toiles ira en décroissant d'une extrémité à l'autre de la conduite depuis T jusqu'à t , et l'air qui en remplira les interstices aura sensiblement la température de la tranche dans laquelle il se trouve actuellement.

En désignant par Ω la surface des interstices remplis d'air, dans une section de la conduite, par λ la longueur développée de la conduite mesurée suivant son axe, et par $d\lambda$ l'épaisseur infiniment petite de la tranche contiguë à la section Ω , cette tranche contiendra un volume d'air $\Omega d\lambda$, à une certaine température θ , intermédiaire entre T et t , et d'autant plus voisine de l'une ou de l'autre, que la tranche considérée sera plus voisine du cylindre chaud ou du cylindre froid.

Désignons par α l'angle compris, à un moment déterminé, entre le rayon de la manivelle du piston du cylindre chaud et le plan vertical, cet angle α étant compté à partir de la position qu'occupe ce rayon, quand la manivelle est au point culminant de la circonférence qu'elle décrit dans le sens de la rotation effective de l'arbre des manivelles, et pouvant varier de 0 à 360° . La manivelle du piston froid est en arrière de 90° sur celle du piston chaud et forme avec le plan vertical un angle α' égal à $\alpha - 90^\circ$, négatif, par conséquent, lorsque α est plus petit que 90° . La distance du piston du cylindre chaud à la position qu'il occupe, quand il est à la partie supérieure de sa course, sera, abstraction faite de l'influence de l'obliquité des bielles, $L(1 - \cos \alpha)$; la distance du piston du cylindre froid au plan qui limite supérieurement son excursion sera $L(1 - \cos \alpha') = L(1 - \sin \alpha)$. Soit v_1 le volume qu'occupe, au moment considéré, la totalité de l'air qui est au-dessus des pistons, on aura, en négligeant le volume occupé par les tiges des pistons :

$$v_1 = SL(1 - \sin \alpha) + SL(1 - \cos \alpha) + Sl$$

et, en réduisant,

$$v_1 = S[2L + l - L(\sin \alpha + \cos \alpha)]. \quad (1)$$

Appelant v_2 le volume qu'occupe au même instant l'air qui est en dessous des pis-

tons, dans l'un et dans l'autre cylindre et dans la conduite qui les met en communication, on aura de même :

$$v_2 = S [2L + l + L (\sin \alpha + \cos \alpha)]. \quad (2)$$

Soient P la force élastique commune à toute la masse d'air du volume v_1 ; P' la force élastique commune à toute la masse d'air qui occupe le volume v_2 ; P et P' dépendent des températures T , t et de l'angle α et se déterminent comme il suit :

L'air dont la totalité forme le volume v_1 occupait primitivement, par hypothèse, à la température t et sous la pression p , un volume égal à $S(2L + l)$. Le volume actuel v_1 se compose de trois volumes partiels distincts, savoir : celui qui est dans le cylindre chaud à la température T et qui est égal à $SL(1 - \cos \alpha)$, celui qui est dans le cylindre froid à la température t et qui est égal à $SL(1 - \sin \alpha)$, celui qui est dans les interstices des toiles métalliques de la conduite à une température variable d'un point à l'autre de cette conduite, décroissante par degrés continus depuis T jusqu'à t , à mesure qu'on s'écarte du cylindre chaud pour se rapprocher du cylindre froid. La totalité de l'air est d'ailleurs à la pression commune P qu'il s'agit de calculer. Ramenons tous ces volumes partiels à la température et à la pression initiales t et p .

Le volume $SL(1 - \cos \alpha)$ qui est à la pression inconnue P et à la température T deviendrait, en passant à la température t et à la pression p ,

$$SL(1 - \cos \alpha) \frac{P}{p} \times \frac{1 + \delta t}{1 + \delta T},$$

δ désignant le coefficient de dilatation de l'air.

Le volume $SL(1 - \sin \alpha)$, à la pression inconnue P et à la température t , deviendrait, en passant à la pression p , sans variation de température :

$$SL(1 - \sin \alpha) \times \frac{P}{p}.$$

Quant à l'air contenu dans les interstices des toiles métalliques de la conduite, une tranche dont le volume est $\Omega d\lambda$, à la pression P et à la température θ , deviendrait, en passant à la pression p et à la température t ,

$$\Omega d\lambda \times \frac{P}{p} \times \frac{1 + \delta t}{1 + \delta \theta},$$

et la totalité de l'air qui remplit ces interstices prendrait le volume exprimé par l'intégrale définie

$$\int_0^{\lambda_1} \Omega \times \frac{P}{p} \times \frac{1 + \delta t}{1 + \delta \theta} d\lambda,$$

qui, en faisant sortir du signe de l'intégration les facteurs invariables, devient :

$$\frac{P}{p} (1 + \delta t) \int_0^{\lambda_1} \Omega \frac{d\lambda}{1 + \delta \theta},$$

λ_1 est la longueur totale développée de la conduite. Ω est une fonction de λ qui dépend de la forme de la conduite ; la température θ décroît depuis T jusqu'à t , quand λ varie depuis 0 jusqu'à λ_1 . Nous pouvons supposer la section Ω constante. Nous admettrons que la température θ décroît uniformément de T jusqu'à t , à mesure qu'on se rapproche du cylindre froid ; θ est alors exprimé par $T - (T - t) \frac{\lambda}{\lambda_1}$.

L'intégrale $\int_0^{\lambda_1} \Omega \frac{d\lambda}{1 + \delta \theta}$ devient alors :

$$\Omega \int_0^{\lambda_1} \frac{d\lambda}{1 + \delta T - \delta (T - t) \frac{\lambda}{\lambda_1}} = \Omega \lambda_1 \int_0^{\lambda_1} \frac{d\lambda}{\lambda_1 (1 + \delta T) - \delta (T - t) \lambda} = \Omega \lambda_1 \log. \frac{1 + \delta T}{1 + \delta t};$$

mais $\Omega \lambda_1$ est le volume total de l'air contenu dans la conduite, que nous avons désigné par Sl . $\frac{1 + \delta T}{1 + \delta t} = 1 + \frac{\delta (T - t)}{1 + \delta t}$, et si $\delta (T - t)$ est une fraction assez petite pour que l'on puisse négliger le carré et les puissances supérieures de $\frac{\delta (T - t)}{1 + \delta t}$ dans le développement du logarithme hyperbolique de $\frac{1 + \delta T}{1 + \delta t}$, on a :

$$\Omega \lambda_1 \log. \frac{1 + \delta T}{1 + \delta t} = Sl \times \frac{\delta (T - t)}{1 + \delta t},$$

et enfin pour le volume de l'air contenu dans la conduite, ramené à la pression p et à la température t :

$$\frac{P}{p} (1 + \delta t) \int_0^{\lambda_1} \Omega \frac{d\lambda}{1 + \delta \theta} = \frac{P}{p} \times Sl \times \delta (T - t).$$

On a donc, pour déterminer l'inconnue P , l'équation :

$$\frac{P}{p} \left[SL (1 - \cos \alpha) \frac{1 + \delta t}{1 + \delta T} + SL (1 - \sin \alpha) + Sl \times \delta (T - t) \right] = (2L + l)S,$$

d'où :

$$P = p \times \frac{2L + l}{L (1 - \cos \alpha) \frac{1 + \delta t}{1 + \delta T} + L (1 - \sin \alpha) + l \delta (T - t)},$$

ou, en multipliant le numérateur et le dénominateur par $1 + \delta T$,

$$P = p \times \frac{(2L+l) (1+\delta T)}{L(1-\cos \alpha) (1+\delta t) + L(1-\sin \alpha) (1+\delta T) + l\delta (T-t) (1+\delta T)}.$$

On aura de même, pour déterminer la valeur de P' , force élastique de l'air qui occupe le volume v_2 sous les pistons :

$$\frac{P'}{p} \left[SL (1+\cos \alpha) \frac{1+\delta t}{1+\delta T} + SL(1+\sin \alpha) + Sl\delta (T-t) \right] = (2L+l)S,$$

d'où

$$P' = p \times \frac{(2L+l) (1+\delta T)}{L(1+\cos \alpha) (1+\delta t) + L(1+\sin \alpha) (1+\delta T) + l\delta (T-t) (1+\delta T)}.$$

Prenons un exemple qui rendra plus facile à saisir les conséquences des formules précédentes. Nous supposons que chacun des pistons a 2 mètres de course, ce qui revient à poser $L = 1^m$; que le cylindre froid est maintenu à la température de 0° et le cylindre chaud à 200° : $T = 200$; $t = 0$; enfin que le volume des interstices occupés par l'air dans chacune des conduites qui mettent les cylindres en communication par leurs extrémités est égal à $\frac{1}{8}$ du volume engendré par l'excursion d'un des pistons, ce qui revient à poser

$$lS = \frac{1}{8} 2LS, \text{ ou } l = \frac{1}{4} L \text{ et, comme } L = 1^m, l = 0^m,25.$$

Les calculs numériques étant effectués, en prenant par le coefficient δ la fraction $\frac{1}{273}$, nous trouvons :

$$v_1 = (2,25 - \sin \alpha - \cos \alpha) S, \quad (1)$$

$$v_2 = (2,25 + \sin \alpha + \cos \alpha) S, \quad (1')$$

$$v_1 + v_2 = 4,50 S.$$

$$P = \frac{3,89835}{3,04992569 - \cos \alpha - 1,7326 \sin \alpha} \times p, \quad (2)$$

$$P' = \frac{3,89835}{3,04992569 + \cos \alpha + 1,7326 \sin \alpha} \times p. \quad (2')$$

Voyons d'abord entre quelles limites varie le volume v_1 et quelles sont ses valeurs maxima et minima. Il suffit, pour cela, d'égaliser à 0 la dérivée de v_1 par rapport à α .

Or l'équation (1) nous donne :

$$\frac{dv_1}{d\alpha} = (\sin \alpha - \cos \alpha)S, \text{ et cette dérivée est nulle lorsque } \sin \alpha = \cos \alpha,$$

c'est-à-dire lorsque l'angle α est égal à 45° ou à 225° .

Pour $\alpha = 45^\circ$, on a $v_1 = (2,25 - \sqrt{2})S = 0,8358S$, valeur minimum,

Pour $\alpha = 225^\circ$, on a $v_1 = (2,25 + \sqrt{2})S = 3,6642S$, valeur maximum.

Cherchons de même les valeurs maximum et minimum de P . Il résulte manifestement de l'équation (2) que ces valeurs correspondent respectivement aux valeurs maximum et minimum de la quantité $\cos \alpha + 1,7526 \sin \alpha$ qui se trouve, avec le signe —, au

dénominateur de l'expression de P . Or, en égalant à 0 la dérivée de $\cos \alpha + 1,7326 \sin \alpha$, on a :

$$1,7326 \cos \alpha - \sin \alpha = 0,$$

d'où $\tan \alpha = 1,7326$.

Le plus petit angle dont la tangente soit égale à 1,7326 est de $60^\circ 0' 30''$, dont le sinus $= 0,8661$ et le cosinus $= 0,4999$, et ces valeurs portées dans l'équation (2) nous donnent :

$$P = 3,7148p \text{ valeur maximum de } P.$$

Le second angle, dont la tangente est encore égale à 1,7326, est

$$60^\circ 0' 30'' + 180^\circ = 240^\circ 0' 30'',$$

dont les sinus et cosinus sont respectivement $- 0,8661$, $- 0,4999$, valeurs qui, portées dans l'équation (2), nous donnent :

$$P = 0,7718p \text{ valeur minimum de } P.$$

Les valeurs maximum de v_1 et de P correspondent évidemment aux valeurs minimum de v_2 et de P' , et réciproquement; on voit donc que la différence $P - P'$ atteint ses valeurs maximum et minimum en même temps que P .

Le travail moteur développé par l'air contenu dans l'appareil, durant une révolution complète de l'arbre des manivelles sur lesquelles agissent les deux pistons, est évidemment exprimé par la somme des deux intégrales $\int P dv_1 + \int P' dv_2$. Or, comme la somme des volumes $v_1 + v_2$ est invariable, on a

$$dv_2 = - dv_1 \text{ et } \int P dv_1 + \int P' dv_2 = \int (P - P') dv_1,$$

intégrale qui doit être étendue à toutes les valeurs que prend le volume v_1 , tandis que l'angle α varie de 0 à 360° .

On peut aussi, en remplaçant dv_1 par sa valeur $S(\sin \alpha - \cos \alpha) d\alpha$ qu'on obtient par la différentiation de l'équation (1), exprimer le travail moteur par l'intégrale définie

$$\int_0^{2\pi} (P - P') S(\sin \alpha - \cos \alpha) d\alpha.$$

Ici la quantité sous le signe de l'intégration $(P - P') S(\sin \alpha - \cos \alpha)$ n'est autre chose que la somme des moments des forces qui agissent tangentiellement aux circonférences décrites par les deux manivelles dans le sens de la rotation. Cette dernière expression fait voir que cette somme de moments est nulle :

1° Lorsque $\sin \alpha = \cos \alpha$, c'est-à-dire quand l'angle α passe par les valeurs 45° et 225° ;

2° Lorsque $P=P'$. Or, pour que $P=P'$, il faut, d'après les équations (2) et (2'), que l'on ait :

$$\cos \alpha + 1,7326 \sin \alpha = 0, \quad \text{d'où l'on tire} \quad \cot \alpha = -1,7326.$$

Or nous avons vu que P et $P - P'$ atteignent leurs valeurs maximum et minimum pour des angles dont la tangente est égale à 1,7326, et qui sont eux-mêmes égaux à $60^\circ 0' 30''$ et $240^\circ 0' 30''$. Les angles pour lesquels la cotangente est égale et de signe contraire à la tangente des angles précédents sont égaux à ces derniers augmentés d'un droit ou de 90° ; ainsi l'on a

$$P = P' \text{ pour } \alpha = 150^\circ 0' 30'',$$

$$\text{et pour } \alpha = 330^\circ 0' 30''.$$

La machine à air chaud de M. Franchot aura donc quatre points morts pour chaque révolution de l'arbre des manivelles; ces points correspondront aux angles α de 45° , $150^\circ 0' 30''$, 225° et $330^\circ 0' 30''$. Nous donnons, dans le tableau suivant, 16 valeurs de v_1 , de P , P' , $P - P'$ et $(P - P')(\sin \alpha - \cos \alpha)$ calculées pour les valeurs de l'angle α auxquelles correspondent les quatre points morts, les maxima et minima du volume v_1 et de la pression P .

Tableau des valeurs de v_1 , P , P' , $P - P'$ et $(P - P')(\sin \alpha - \cos \alpha)$.

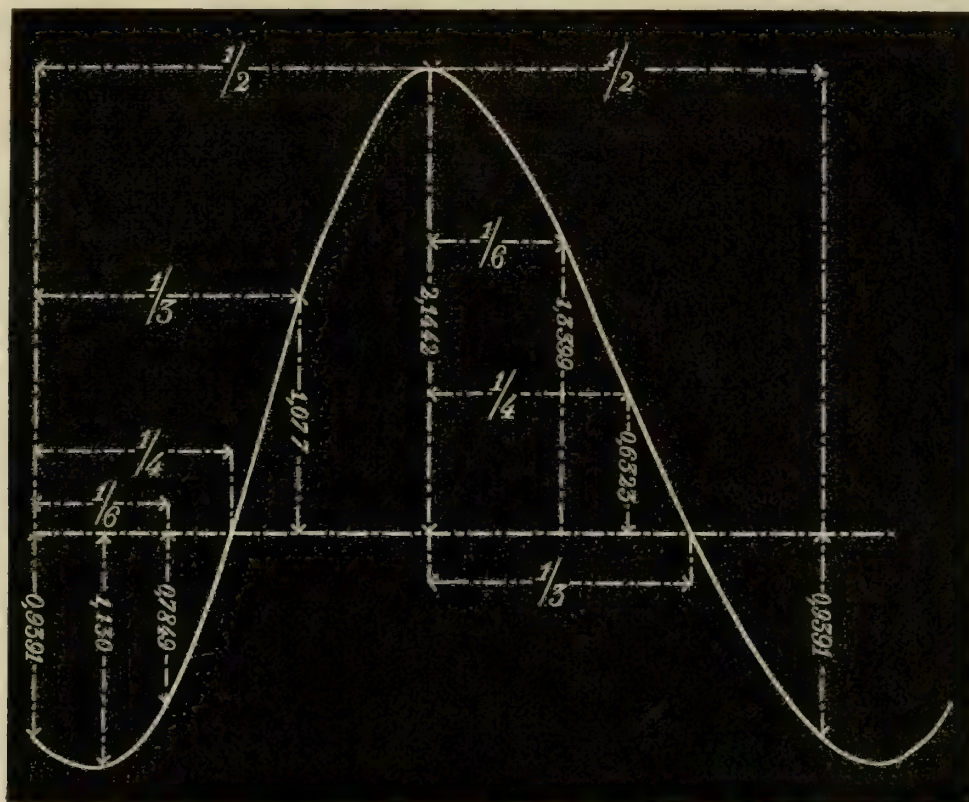
1	$\alpha=0 \quad \sin \alpha=0 \quad \cos \alpha=1,$ $v_1=1,25 \times S \quad P=1,9017p \quad P-P'=0,9391p, \quad (P-P')S(\sin \alpha - \cos \alpha)=-0,9391pS.$ $P'=0,9626p$
2	$\alpha=29^\circ 59' 30'' \quad \sin \alpha=0,4999 \quad \cos \alpha=0,8661,$ $v_1=0,8840S \quad P=2,9585p \quad P-P'=2,1433p, \quad (P-P')S(\sin \alpha - \cos \alpha)=-0,7849pS.$ $P'=0,8152p$
3	$\alpha=45^\circ \quad \sin \alpha=0,7071 \quad \cos \alpha=0,7071,$ $v_1=0,8358S \quad P=3,4878p \quad P-P'=2,7053p, \quad (P-P')S(\sin \alpha - \cos \alpha)=0.$ $P'=0,7825p$
4	$\alpha=60^\circ 0' 30'' \quad \sin \alpha=0,8661 \quad \cos \alpha=0,4999 \quad \tan \alpha=1,7326,$ $v_1=0,8840S \quad P=3,7148p \quad P-P'=2,9430, \quad (P-P')S(\sin \alpha - \cos \alpha)=1,0777pS.$ $P'=0,7718p$
5	$\alpha=90^\circ \quad \sin \alpha=1 \quad \cos \alpha=0,$ $v_1=1,25S \quad P=2,9593p \quad P-P'=2,1442p, \quad (P-P')S(\sin \alpha - \cos \alpha)=2,1442pS.$ $P'=0,8151p$
6	$\alpha=119^\circ 59' 30'' \quad \sin \alpha=0,8661 \quad \cos \alpha=-0,4999,$ $v_1=1,8838S \quad P=1,9351p \quad P-P'=0,9809p, \quad (P-P')S(\sin \alpha - \cos \alpha)=1,3399pS.$ $P'=0,9542p$

7	$\alpha=135^{\circ}$ $\sin \alpha=0,7071$ $\cos \alpha=-0,7071$, $v_1=2,25S$ $P=1,5397p$ $P-P'=0,4471p$, $(P-P')S (\sin \alpha - \cos \alpha)=0,6323pS$. $P'=1,0926p$
8	$\alpha=150^{\circ} 0' 30''$ $\sin \alpha=0,4999$ $\cos \alpha=-0,8661$ $\cot \alpha=-1,7326$, $v_1=2,6162S$ $P=1,2782$ $P-P'=0$, $(P-P')S (\sin \alpha - \cos \alpha)=0$. $P'=1,2782$
9	$\alpha=180^{\circ}$ $\sin \alpha=0$ $\cos \alpha=-1$, $v_1=3,25S$ $P=0,9626p$ $P-P'=-0,9391p$, $(P-P')S (\sin \alpha - \cos \alpha)=-0,9391pS$. $P'=1,9017p$
10	$\alpha=209^{\circ} 59' 30''$ $\sin \alpha=-0,4999$ $\cos \alpha=-0,8661$, $v_1=3,6160$ $P=0,8152p$ $P-P'=-2,1433p$, $(P-P')S (\sin \alpha - \cos \alpha)=-0,7849pS$. $P'=2,9585p$
11	$\alpha=225^{\circ}$ $\sin \alpha=-0,7071$ $\cos \alpha=-0,7071$, $v_1=3,6642S$ $P=0,7825p$ $P-P'=-2,7053p$, $(P-P')S (\sin \alpha - \cos \alpha)=0$. $P'=3,4878p$
12	$\alpha=240^{\circ} 0' 30''$ $\sin \alpha=-0,8661$ $\cos \alpha=-0,4999$, $v_1=3,6160S$ $P=0,7718p$ $P-P'=-2,9430$, $(P-P')S (\sin \alpha - \cos \alpha)=1,0777pS$. $P'=3,7148p$
13	$\alpha=270$ $\sin \alpha=-1$ $\cos \alpha=0$, $v_1=3,25S$ $P=0,8151p$ $P-P'=-2,1442p$, $(P-P')S (\sin \alpha - \cos \alpha)=2,1442pS$. $P'=2,9593p$
14	$\alpha=299^{\circ} 59' 30''$ $\sin \alpha=-0,8661$ $\cos \alpha=0,4999$, $v_1=2,6162S$ $P=0,9542p$ $P-P'=-0,9809p$, $(P-P')S (\sin \alpha - \cos \alpha)=1,3399pS$. $P'=1,9351p$
15	$\alpha=315^{\circ}$ $\sin \alpha=-0,7071$ $\cos \alpha=0,7071$, $v_1=2,25S$ $P=1,0926p$ $P-P'=-0,4471p$, $(P-P')S (\sin \alpha - \cos \alpha)=0,6323pS$. $P'=1,5397p$
16	$\alpha=330^{\circ} 0' 30''$ $\sin \alpha=-0,4999$ $\cos \alpha=0,8661$, $v_1=1,8838S$ $P=1,2782p$ $P-P'=0$, $(P-P')S (\sin \alpha - \cos \alpha)=0$. $P'=1,2782p$
$\alpha=360^{\circ}$ ou $\alpha=0$, commencement d'une nouvelle période de mouvement.	

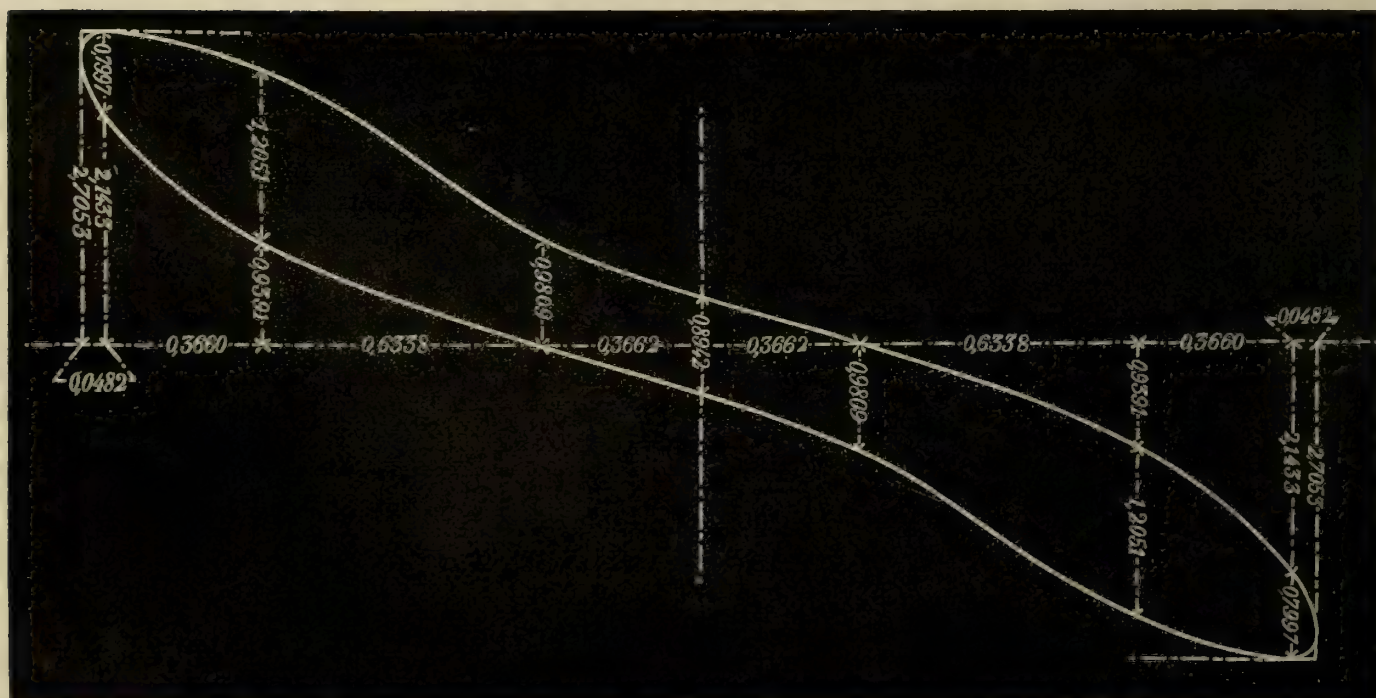
On peut, au moyen du tableau qui précède, construire une courbe dont les abscisses soient proportionnelles à l'angle α et les ordonnées aux valeurs de $(P - P') (\sin \alpha - \cos \alpha)$, ou bien encore une courbe ayant pour abscisses les valeurs de v_1 et pour ordonnées les valeurs correspondantes de $P - P'$. La première coupera la courbe des abscisses en quatre points correspondants aux valeurs

$\alpha = 45^\circ$, $\alpha = 150^\circ 0' 50''$, $\alpha = 225^\circ$ et $\alpha = 330^\circ 0' 50''$. Les aires comprises entre l'axe des abscisses et les parties de la courbe situées en dessus de cet axe seront proportionnelles au travail moteur développé; les aires comprises entre le même axe et les parties de la courbe situées en dessous représenteront un travail résistant à soustraire du premier. La seconde courbe construite sur les abscisses v_1 sera une courbe fermée, dont l'aire sera proportionnelle au travail moteur développé dans une révolution de l'arbre des manivelles.

Courbe A.



Courbe B.



Les deux figures A et B indiquent les formes de ces deux courbes; la figure A ne donne que la moitié de la première, qui a pour ordonnées les valeurs de

$(P - P') (\sin \alpha - \cos \alpha)$, entre les abscisses $\alpha = 0$ et $\alpha = 180^\circ$, l'autre moitié étant égale à la première dont elle serait la répétition. Dans cette figure les cotes des abscisses sont les valeurs de celles-ci en fractions de la demi-circonférence, ou de l'abscisse qui représente 180° . On a considéré l'angle de $29^\circ 59' 30''$ et celui de $60^\circ 0' 30''$ comme étant respectivement égaux exactement, l'un à $1/6$ et l'autre à $1/3$ de la demi-circonférence.

Quant à la courbe fermée B, dont les ordonnées sont les valeurs de $P - P'$ et les abscisses les valeurs de v_1 , la première ordonnée à gauche, tangente à la courbe, est la valeur de $P - P'$ correspondante à l'angle $\alpha = 45^\circ$ et à la valeur minimum de v_1 . Les cotes inscrites sur l'axe des abscisses indiquent les différences des valeurs consécutives de v_1 . La courbe a deux tangentes horizontales correspondantes aux valeurs maximum et minimum de $P - P'$, lesquelles correspondent aux angles α de $60^\circ 0' 30''$ et $240^\circ 0' 30''$.

Le calcul approximatif de l'aire de la courbe fermée donne pour le travail moteur, dans chaque révolution de l'arbre des manivelles, $2,844456$ pS. Si l'on suppose que la pression primitive p de l'air enfermé dans l'appareil à la température 0 soit celle de l'atmosphère, 10,000 kilog. par mètre carré, et que la section S de chaque cylindre soit de 1 mètre carré, ce qui exigerait un diamètre de $1^m,2732$, le travail correspondant à une révolution de l'arbre serait $28444\text{kil.} \times m,56$, et en admettant que l'arbre fasse 20 révolutions par minute, ou $\frac{1}{3}$ de révolution par seconde, la puissance théorique en chevaux-vapeur de la machine composée de 2 cylindres de $1^m,2732$ de diamètre serait de $\frac{28444,56}{3 \times 75}$, soit 126 chevaux. Si le diamètre des cylindres était réduit à $\frac{1,2732}{4} = 0^m,3183$, la puissance théorique de la machine serait réduite à $\frac{126}{16}$, moins de 8 chevaux-vapeur.

La machine à air chaud de M. Franchot aurait donc l'inconvénient d'exiger des dimensions très-grandes, à moins que l'on ne portât l'air à une pression primitive p très-supérieure à celle de l'atmosphère. La courbe des valeurs de $(P - P') (\sin \alpha - \cos \alpha)$ fait voir que le travail transmis à l'arbre des manivelles, dans chaque période de mouvement, serait alternativement moteur et résistant, et subirait des variations presque brusques et considérables. M. Franchot comptait porter remède à ces variations en composant sa machine de quatre cylindres groupés par paires, agissant sur le même arbre et disposés de façon que les manivelles des pistons des cylindres chauds de l'une et de l'autre paire fussent distantes d'un angle droit, dans la rotation de l'arbre.

Quoi qu'il en soit, si les toiles métalliques contenues dans les conduits de communication ont une étendue superficielle assez grande pour absorber la totalité de la chaleur interne que l'air doit abandonner pour passer de la température T du cylindre chaud à la température t du cylindre froid, celui-ci n'aura pas besoin d'être refroidi artificiellement pour que sa température demeure constante. La totalité de la chaleur communiquée au cylindre chaud, pour maintenir sa température invariablement égale

à T, serait alors transformée en travail moteur, de sorte que celui-ci serait l'*équivalent mécanique* de cette chaleur, sauf les pertes résultant du refroidissement des parois de la machine par le rayonnement et le contact du milieu ambiant. On remarquera, en outre, que le travail résistant dû au frottement des pistons dans les cylindres et au passage de l'air à travers les interstices des toiles métalliques développe une quantité de chaleur équivalente à ce travail, lequel n'est par conséquent pas perdu pour l'effet utile de l'appareil, puisque la chaleur qu'il développe vient en déduction de celle qu'il faudrait communiquer au cylindre chaud, pour l'entretenir à une température constante.

Nous avons pensé que ces détails sur une machine originale et très-ingénieusement conçue, mais que son auteur n'a pas été à même de construire, ne seraient pas dépourvus d'intérêt, et pourraient suggérer des idées utiles aux personnes qui s'occupent de la construction des machines à air chaud.

(*La suite prochainement.*)

CHEMINS DE FER.

DE LA TRAVERSÉE DES ALPES A MODANE ET AUTRES LIEUX, PAR M. BAUDE,
MEMBRE DU COMITÉ DES ARTS MÉCANIQUES (1).

Les traversées des Alpes par les chemins de fer préoccupent beaucoup les esprits, et c'est aujourd'hui une question à l'ordre du jour dans le monde savant et industriel. Quelques compagnies préconisent, comme le plus facile, le tracé qui sert le mieux leurs intérêts; elles font de grandes dépenses d'études auxquelles s'associent particulièrement les cantons de la Suisse, suivant que le chemin traverse leur territoire ou qu'il s'en rapproche, mais le capital est plus lent à se constituer que les études les mieux faites, et, tandis qu'on nivelle et qu'on discute, le tunnel des Alpes, vers le mont Cenis, se continue et prépare, dans sa marche lente, mais sûre, l'époque où deux nations, séparées par de hautes altitudes, pourront communiquer entre elles sans franchir les cimes des montagnes.

Il n'a pas encore été question, dans vos séances, Messieurs, des procédés si curieux, si nouveaux et je me hâte de dire si féconds qui s'emploient à Modane et à Bardonnèche pour ouvrir deux galeries souterraines qui s'avancent à la rencontre l'une de l'autre. Nous n'avons pas la prétention de vous apprendre rien

(1) Communication verbale faite dans la séance du 6 novembre 1862.

que vous ne sachiez déjà : toutefois, lorsqu'un travail de l'ordre de ceux qui doivent durer plusieurs années se poursuit avec la lenteur inhérente aux grandes entreprises, il n'est pas sans intérêt d'en constater la situation, le progrès à divers intervalles. C'est la raison qui nous fait espérer que vous voudrez bien me prêter quelques instants d'attention, et écouter avec bienveillance le récit d'une visite récente et rapide faite aux chantiers de Modane.

I. TRAVERSÉE DE MODANE.

Trois ingénieurs piémontais éminents, MM. Grattoni, Grandis et Somme-lier, ont conçu, les premiers, les moyens pratiques d'exécution d'un souterrain de 12 à 13 kilomètres, sans puits d'aérage et d'extraction dans cette longueur inusitée. Une fois sûr des moyens, le Gouvernement sarde s'est mis résolûment à l'œuvre, il y a cinq ans. Depuis l'annexion de la Savoie à la France, ce travail est devenu aussi le nôtre, bien que les traités, ainsi qu'il convenait, en aient laissé l'exécution et l'honneur au Gouvernement italien.

Convention internationale.

En effet, une convention internationale, en date du 9 juin 1862, a réglé, entre les deux Gouvernements, les conséquences des paroles échangées entre l'empereur Napoléon et le roi Victor-Emmanuel.

D'après l'art. 2 de la convention, la France contribue à la dépense du souterrain pour moitié, c'est-à-dire depuis l'entrée du côté de Modane jusqu'au milieu, sans que cette limite puisse influencer en rien la frontière naturelle des deux États limitrophes.

La France paye à forfait son contingent au Gouvernement italien, soit une somme de 19 millions pour 6,410 mètres courants, ce qui fait ressortir une moyenne de 3,100 fr. par mètre de souterrain. Ce prix suppose une exécution de travaux devant durer vingt-cinq ans, à partir du 1^{er} janvier 1862. Si ce terme est ramené à une limite de quinze années, le trésor italien touchera une prime de 500,000 fr. par année d'abréviation. Au-dessous de quinze ans la prime sera de 600,000 fr.

Si le souterrain s'exécutait en dix ans, soit avant le 1^{er} janvier 1872, le Gouvernement français aurait constitué une dette de :

Au principal.	19,000,000 fr.
Dix années de prime à 500,000 fr. . .	5,000,000
Cinq années de prime à 600,000 fr. . .	3,000,000
Total.	<u>27,000,000</u>

Cette participation fait revenir le mètre courant, dans cette dernière hypothèse, à 4,400 fr. On peut affirmer que les souterrains futurs, imités sur celui des Alpes, n'atteindront pas, à beaucoup près, une pareille somme. Mais il faut bien pourvoir aux éventualités d'un premier travail. Tout ce qu'on peut regretter, c'est qu'on paye les intérêts du montant des travaux, au lieu d'amortir immédiatement le capital. Il est vrai de dire que le Gouvernement aura sa part dans la subvention de 20 millions que la compagnie du Victor-Emmanuel doit payer au Gouvernement italien pour la cession du souterrain des Alpes. Mais comme, d'autre part, la somme de 20 millions est garantie par l'État, tout ne sera pas profit pour lui. Il est probable que l'axiome financier, *qui garantit paye*, ne sera pas plus démenti pour la compagnie du chemin de fer du Victor-Emmanuel que pour bien d'autres.

Tracé du souterrain.

Quand on parle, dans le public, de la percée du mont Cenis, on se sert d'une expression impropre. C'est la route impériale qui traverse le mont Cenis : elle court vers l'est, à partir de Modane, tandis que le souterrain se bifurque, à 2 kilomètres en avant, en faisant avec le méridien un angle de 49 degrés (voir la carte, planche 265). Il serait plus naturel de l'appeler souterrain de Fréjus, attendu qu'il passe sous le col connu sous cette dénomination. Le nom de souterrain des Alpes est, d'ailleurs, un peu exclusif; il suppose qu'il n'y aura jamais qu'un souterrain des Alpes, et l'on espère bien le contraire, en ayant recours aux procédés que nous allons décrire, et qui feront, dans l'avenir, la gloire de M. Sommelier, très-bon Italien, d'origine française, grâce à la réunion de la Savoie à la France.

Le souterrain est tracé suivant une ligne droite de 42,220 mètres de longueur (fig. 3, pl. 266). Du côté de Modane, l'entrée de la bouche actuelle est à 4202^m,82 au-dessus du niveau de la mer. A Bardonnèche, il débouche à la cote de 4335^m,38.

C'est la vallée de Rochemolle, dans laquelle Bardonnèche se trouve situé, qui a déterminé l'altitude de l'entrée en montagne du tunnel. Afin d'assurer l'écoulement des eaux sur ce versant, on a donné à la branche orientale la pente minimum d'un demi-millimètre par mètre. Il en résulte qu'au sommet la cote est de 4338^m,43. Vers le nord, il fallait se raccorder avec les pentes imposées par la vallée de l'Arc, et la déclivité du souterrain est de 0^m,0222 par mètre, ce qui le fait arriver à 406 mètres au-dessus de la route impériale.

L'entrée du souterrain du côté de Modane ne sera pas conservée; on se

raccordera, à environ 300 mètres au delà, avec un autre souterrain en courbe qui fera partie du chemin de fer Victor-Emmanuel, exploité aujourd'hui jusqu'à Saint-Michel, et qui se continuera jusqu'au hameau des Fourneaux, en enveloppant Modane par une courbe en retour. Ces 300 mètres abandonnés ne sont pas un travail perdu, si l'on considère tous les avantages qui sont acquis à une percée en ligne droite.

Ce n'est pas, en effet, un petit travail que de bien fixer l'axe du tunnel, et d'obtenir des points de repère invariables, pour assurer à chaque instant la rectitude du tracé de deux galeries qui doivent n'en faire qu'une.

On a commencé par placer un signal central au sommet du col de Fréjus : il pouvait être aperçu de deux points opposés sur les versants des vallées de l'Arc et de Rochemolle. Au moyen d'opérations répétées au théodolite, on a eu un alignement droit qui était celui du souterrain. Ensuite, en posant des jalons de descente entre le signal de Fréjus et celui de Saint-Antoine, par exemple, sur la rive droite de l'Arc, on est parvenu à déterminer la direction que devaient suivre les mineurs. Avec un repère dont la précision est assurée, en face de chaque bouche du souterrain, on peut vérifier non-seulement la direction, mais aussi la rampe suivant laquelle on doit s'élever.

Aujourd'hui la percée est arrivée à 900 mètres au delà de l'entrée du côté de Modane, et à 1,250 mètres du côté de Bardonnèche; en totalité, 2,150 mètres. Vers ce dernier point seulement, on travaille avec l'appareil perforateur de M. Sommelier. Du côté de Modane, on fait encore les abatages en se servant des procédés ordinaires, mais avec une ventilation à l'air comprimé, sans laquelle tout établissement de chantier aurait été impossible. Du reste, les appareils perforateurs sont en grand nombre dans l'atelier, où ils subissent, sur un énorme bloc de quartz, l'essai ou l'épreuve à laquelle on doit les soumettre avant de les monter dans le souterrain.

Coupe géologique.

Le percement du côté de Modane n'a rencontré jusqu'ici que le grès houiller, ou des schistes gris avec anthracite. Ce terrain est assez dur, compact en apparence, et cependant, quelques jours avant ma visite, il a donné lieu à un éboulement dont trois ouvriers ont été les victimes : des étais de près de 40 centimètres d'équarrissage n'ont pu l'arrêter, et ont été brisés comme une frêle résistance. Il est probable qu'une masse schisteuse a été repoussée en coin, et que glissant sur des veines d'anthracite dont on voyait les traces, une pression énorme a pesé sur les étais et a rendu tout boisage illusoire.

Du côté de Bardonnèche, on est dans les schistes lustrés calcaréo-talqueux. Ces terrains paraissent devoir se rencontrer sur la plus grande longueur, si on en juge par les affleurements de la montagne. Ces couches plongent vers le sud-est.

On remarque que le grès houiller, signalé du côté de Modane, est suivi d'un affleurement de quartzite plongeant dans le même sens, c'est-à-dire vers le nord-est. Les couches viennent butter l'une contre l'autre sous forme de gouttière; il est donc probable que le tunnel aura à traverser, sur une petite longueur, des terrains bouleversés, ou une faille dont il est assez difficile de préciser d'avance les difficultés.

Peut-être trouvera-t-on des gypses qui, d'extraction facile, exigeront de certaines précautions pour mettre les maçonneries de revêtement à l'abri des gonflements produits par l'action de l'humidité; peut-être aussi, la faille se trouvera-t-elle effacée à la profondeur de la galerie souterraine.

Ces terrains ont été l'objet de discussions très-édifiantes parmi de savants géologues, et nous renvoyons au besoin au *Bulletin de la Société géologique de France*, dont les représentants avaient choisi Modane pour le rendez-vous de leur réunion annuelle, en 1864. Il nous suffit d'indiquer qu'on rencontrera des terrains résistants et non éboulés dans la presque totalité de la longueur du tunnel, sans trouver d'ailleurs aucun terrain primitif. Ces terrains ne sont que très-légèrement humides, et on n'a nullement à craindre de voir tomber sur la tête des travailleurs les eaux du lac du mont Cenis, situé à 27 kilomètres, ainsi qu'on en avait présenté, je crois, la ridicule objection.

L'observatoire situé sur l'arête de Fréjus, au point culminant, a pour cote 2,949 mètres (fig. 3, pl. 266); il est donc placé à 1,600 mètres au-dessus du souterrain qui traverse ce col. Ce sera la plus grande masse terrestre que jamais percement aura mise au-dessus de la tête de l'homme.

Attaque du souterrain.

On sait que, dans les terrains de dureté suffisante où l'on veut percer un tunnel, on commence par ouvrir une galerie de dimension réduite, en se servant de la mine. Les mineurs, soit dans le ciel d'attaque, soit sur les côtés, employant le burin et le marteau, ouvrent des trous dans lesquels ils introduisent la cartouche. La mine doit toujours être dégagée, c'est-à-dire qu'à une faible distance doit se trouver un espace libre, de manière à ce que la poudre puisse produire tout son effet, et détacher la pierre du bloc qui reste encore debout.

C'est ainsi que l'on procède à Modane et à Bardonnèche : la galerie est un

rectangle d'environ 12 mètres de superficie. Le souterrain est donc ouvert à la mine, et non pas, comme on a pu le croire, au moyen d'un outil attaquant la galerie sur toute sa surface. Jusqu'à présent, les essais qui ont été tentés ailleurs, dans ce système, sont demeurés infructueux, et, comme effet utile, ils sont toujours restés au-dessous du travail manuel.

Mais ces mines qui éclatent, ces hommes qui respirent, ces lumières qui brûlent vicient l'air, et à une très-petite distance de la tête du souterrain, s'il n'y a pas de puissants moyens d'aération, tout travail devient impossible. Au tunnel des Alpes, on avait à percer deux galeries, sans issue, sur plus de 6 kilomètres, et on peut affirmer que les moyens de ventilation employés jusqu'à présent n'auraient pas suffi.

La première partie du problème à résoudre était donc d'envoyer aux travailleurs une quantité suffisante d'air respirable; elle a été heureusement résolue par l'application, sur une grande échelle, des compresseurs hydrauliques à air.

Ce n'était pas tout; il fallait assigner aux travaux une limite raisonnable d'achèvement. Dans les terrains analogues à ceux des Alpes, on ne peut espérer un avancement moyen de plus de 50 centimètres de galerie par vingt-quatre heures. A ce compte, la percée des Alpes aurait duré trente-cinq ans, à trois cent cinquante jours de travail effectif par année. Cette seconde partie du problème n'a pas été moins fructueusement résolue que la première, par l'invention de la machine perforatrice à percussion, qui, permettant un avancement journalier d'au moins 2 mètres, doit assurer, en comptant seulement trois cents jours de travail effectif, le percement d'un souterrain sans puits, à raison de 1,200 mètres par année.

C'est rentrer dans les conditions ordinaires du percement des souterrains, en supposant que toutes les préparations pour les travaux d'aérage sont faites, et faites, bien entendu, sans tâtonnements.

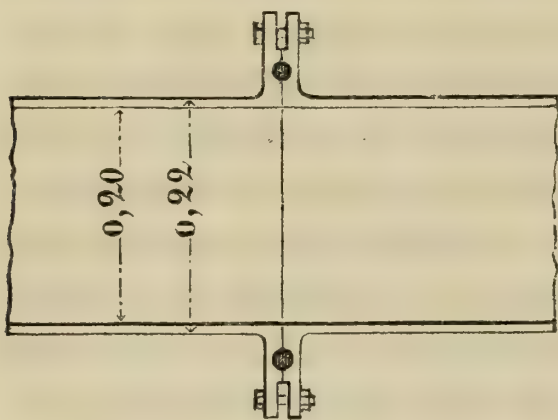
Avant d'entrer dans plus de détails, nous devons dire que ces appréciations sont les nôtres, mais qu'elles peuvent fort bien n'être pas celles de tout le monde. Il convient d'ajouter encore que les notes d'après lesquelles nous vous faisons ce simple exposé ont été prises sur les travaux, sans avoir recours aux ingénieurs distingués dont nous avons cité les noms, et dont le bienveillant accueil est acquis, nous le savons, à tous les ingénieurs. De certains faits, recueillis dans la conversation des personnes qui ont bien voulu nous guider sur les chantiers, nous en avons déduit d'autres faits qui en étaient la conséquence rigoureuse; ma visite était celle d'un touriste et rien de plus.

Compresseurs hydrauliques.

Les compresseurs hydrauliques employés à Modane et à Bardonnèche, dans deux système différents, ont pour objet de comprimer l'air qui, envoyé dans les galeries souterraines, où il se dilate à la pression atmosphérique, donne la vie et la santé aux ouvriers.

L'air est reçu dans des réservoirs en tôle ayant une capacité de 18 mètres cubes : ils ont la forme cylindrique et sont terminés par deux calottes sphériques. On y maintient une pression de 5 atmosphères, au moyen d'une colonne d'eau de 50 mètres de hauteur dont le réservoir est pris dans la montagne. C'est un manomètre naturel.

Les tuyaux de conduite à l'air comprimé pourront avoir 7 kilomètres de longueur, si on attribue 1 kilomètre à la distance moyenne qui sépare les établissements hydrauliques de l'entrée de la galerie.



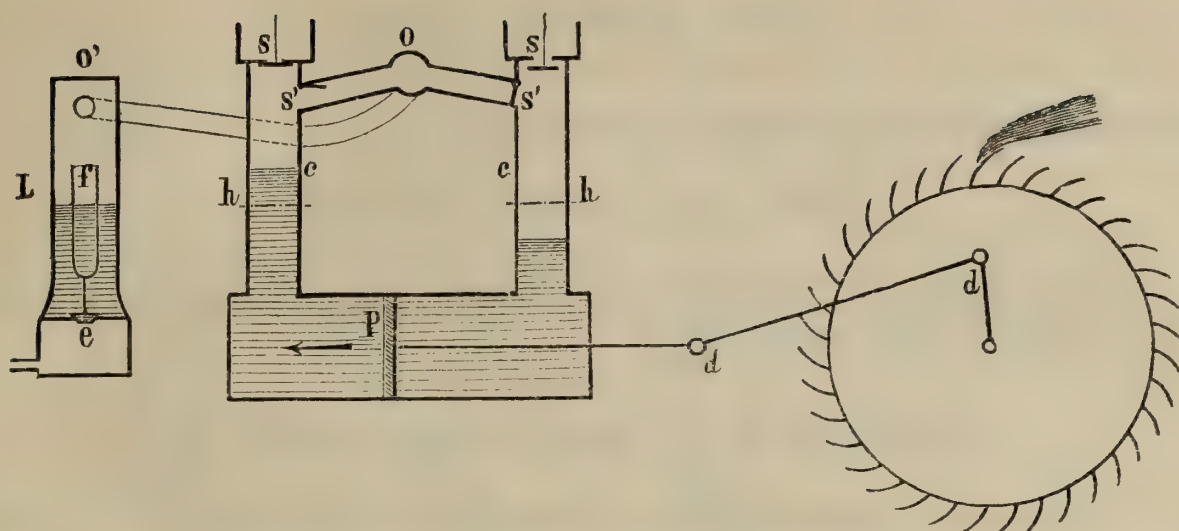
On peut dire que l'étanchéité de ces tuyaux est pratiquement complète. Ils ont 0^m,20 de diamètre intérieur, et 0^m,04 d'épaisseur de fonte. Leur longueur est de 4^m,50, et ils sont assemblés à brides au moyen de boulons. Entre les deux surfaces de jonction, se trouve ménagé un évidement circulaire de manière à y loger un petit tore en caoutchouc de 0^m,04 de diamètre. La

compression légère qu'éprouve le caoutchouc est tout le secret de l'étanchéité des tuyaux. Sur une longueur de 2 kilomètres de conduite, l'abaissement de pression est tout au plus de $\frac{1}{100}$ par heure. Les fuites ne donnent pas une perte plus grande.

Pour prévenir les désordres que pourraient causer des excès de pressions, on essaye les tuyaux, au préalable, au moyen de la presse hydraulique.

Compresseurs mus par la rivière d'Arc.

La rivière d'Arc a un volume d'eau considérable, que les six roues hydrauliques, établies au village des Fourneaux, sont bien loin d'employer. Ces roues sont mues en dessus, et elles utilisent une chute de 6 mètres ménagée par un canal de fuite.



Chaque roue, par l'intermédiaire d'une manivelle et d'une bielle *dd*, imprime un mouvement de va-et-vient à la tige d'un piston *P* qui se meut dans un cylindre horizontal surmonté de deux cylindres verticaux *c, c'*. Ces cylindres sont remplis d'eau jusqu'à la hauteur *hh*.

Chacun des cylindres verticaux est terminé par deux soupapes *S, S'*, dont l'une s'ouvre de l'extérieur à l'intérieur pour permettre, dans le cylindre, des rentrées d'air atmosphérique; l'autre s'ouvre de l'intérieur à l'extérieur vers le récipient d'air comprimé.

Lorsque le piston est poussé dans le sens indiqué dans la figure ci-dessus, l'air contenu au-dessus de *h* est refoulé par l'eau; la soupape *S'* s'ouvre pour lui donner passage, et se referme par la pression de l'air refoulé dans le récipient, aussitôt que le piston *P* se retire. Le vide se produit au-dessus de la colonne liquide qui s'abaisse, et l'air atmosphérique s'introduit par la soupape *S*. Le second cylindre rend la machine à double effet. Elle est, comme on le voit, d'une grande simplicité.

Avec l'air refoulé vers l'orifice *O* qui conduit aux récipients, il s'introduit toujours une certaine quantité d'eau, parce que l'eau, en remontant dans les tubes verticaux, touche la soupape *S'*, afin de ne pas laisser se former un espace nuisible qui diminuerait encore le coefficient du travail théorique. Cette eau est renouvelée au moyen d'un filet à courant continu, qui baigne les soupapes. Pour se débarrasser de l'eau introduite avec l'air comprimé, l'orifice *O* du tuyau communique avec un purgeur *L*, au fond duquel se précipite l'eau enlevée quand elle dépasse un certain niveau; elle soulève le flotteur *f* qui ouvre une soupape d'écoulement *e*, par où s'échappe l'eau accumulée dans le purgeur.

Le piston nous a paru mettre 7'' à faire une oscillation complète; sa course était de 1^m,50 et son diamètre de 0,50; l'air refoulé était donc par 4'' de,

$$\frac{\pi \cdot 0.25^2 \times 1.50 \times 2}{7} = 0^{\text{m}^3},084,$$

ce qui devrait donner par vingt-quatre heures

$$3600 \times 24 \times 0.084 = 7617^{\text{m}^3},60.$$

La compression de $0^{\text{m}^3},084$ d'air par seconde, à la pression de 5 atmosphères, représente une quantité de travail de

$$210300 \times 0.084 \times 2.3036 \times 0.6989 = 1393 \text{ k. m.}$$

On nous a dit que la dépense d'eau d'une roue hydraulique était de 400 litres à la seconde, ce qui représente un travail théorique de

$$400^{\text{k}} \times 6^{\text{m}} = 2400^{\text{k} \cdot \text{m}} :$$

le travail utile serait donc de 58 pour 400.

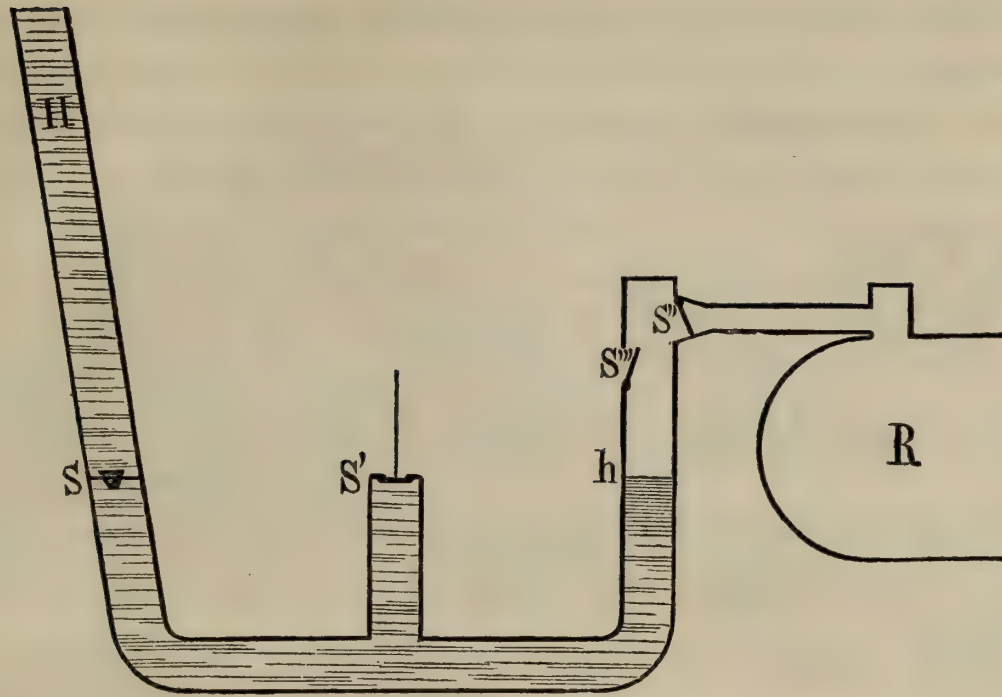
Comme, à la rigueur, on peut disposer de six roues hydrauliques, on aurait par jour, à raison de $7,000^{\text{m}^3}$ d'air, eu égard aux entraînements d'eau, une quantité de 42,000 mètres d'air, pour des circonstances extraordinaires, et de $21,000^{\text{m}^3}$ en employant trois roues. C'est plus qu'il n'en faut pour le moment, ainsi que nous le verrons tout à l'heure.

La simplicité de l'appareil hydraulique que nous venons de décrire, et qui est de création récente, a fait critiquer, avec une certaine amertume, les premières machines qui reproduisaient aux Fourneaux les procédés de Bardonèche.

Cela n'était pas juste ; l'invention n'est pas, à tout moment, aux ordres d'un service administratif, et, bien que la situation des lieux fût toute différente, on faisait bien d'établir à Modane, d'une manière factice, ce qu'on avait expérimenté avec succès à Bardonèche. La quantité de travail perdue pour l'effet utile était à peu près double ; mais on n'est pas obligé d'y regarder de si près, quand on dispose d'une force hydraulique bien supérieure au besoin qu'on peut en avoir.

Compresseurs à Bardonèche.

Une dérivation du torrent du Melezet amène l'eau à 45 mètres au-dessus de son écoulement inférieur ; mais on n'utilise pas toute cette chute d'eau, et on réduit son action à 26 mètres pour chacun des dix compresseurs qui alimentent d'air ce côté du souterrain.



Soit R un récipient en tôle où la pression de l'air est maintenue à 5 atmosphères, et S'' une soupape qui s'ouvre à l'intérieur lorsque de l'air est refoulé au delà de cette pression.

Si on a un espace libre dans le tube vertical sur lequel est placée la soupape S'' , il y aura de l'air, à la pression atmosphérique, dans cet espace, au-dessus du niveau d'eau h ; cet air y sera rentré par la soupape S''' .

Supposez qu'on ouvre la soupape S placée au-dessus du tube vertical par lequel arrive l'eau du Melezet amenée à 26 mètres de hauteur, la colonne d'eau H viendra comprimer l'air au-dessus du niveau h , et le fera entrer dans le récipient par la soupape S'' .

Qu'on ferme, à ce moment, la soupape S , qu'on ouvre en même temps la soupape d'échappement S' placée au même niveau que h , l'eau de la colonne s'abaissera, et il se fera une rentrée d'air par la soupape S''' égale au volume d'eau qui s'est échappé par la soupape S' .

Les choses étant ramenées à leur état primitif, le jeu alternatif des soupapes fera entrer de nouveau dans le récipient une colonne d'air égale à l'espace qui est au-dessus du niveau h .

Tel est le principe des machines de Bardonnèche, qui participent à la fois des machines à colonne d'eau et du béliet hydraulique. On remarquera, en effet, que la colonne d'eau de 26 mètres de hauteur ne comprimerait pas de l'air à 5 atmosphères, en vertu de son propre poids, si la vitesse acquise ne produisait pas un coup de béliet.

Si M représente la masse d'eau en mouvement, V la vitesse,

p et v , la pression et le volume de l'air à comprimer,

p , la pression finale de l'air; comme la moitié de la force vive ou de la masse

multipliée par le carré de la vitesse est égale à la quantité du travail produit, on a l'équation

$$\frac{\overline{MV}^2}{2} = p v \times \log. \text{ hyperbolique } \frac{p_1}{p}.$$

$V = \sqrt{2gH}$, H étant la hauteur de la colonne d'eau au-dessus de la soupape de sortie. La pression finale étant donnée, on a pu, au moyen de l'équation précédente, régler les rapports des volumes et des hauteurs de chute.

Il y a trois coups de bélier à la minute, et chacun d'eux refoule une quantité d'air de $1^m,30$ égale à l'espace compris entre le niveau h et la soupape S'' ; c'est $0^m^3,065$ par seconde. En vingt-quatre heures le volume d'air refoulé, à la pression atmosphérique, peut être de $1^m,30 \times 3 \times 60 \times 24 = 5616^m^3$ par compresseur.

Il y a dix compresseurs : si cinq seulement sont en activité, on peut avoir par jour, en comptant seulement 5,000 mètres pour chacun d'eux, un volume d'air, à la pression atmosphérique, de 50,000 mètres cubes.

Le travail produit est de $10,300 \times 0,065 \times 2,3036 \times 0,6989 = 1,078 \text{ k. m.}$ Le travail théorique représenté par un volume d'eau de $0^m^3,065$, descendant la hauteur de 26 mètres, est de 1,690 kilog.

Le rapport du travail utile au travail théorique serait donc de $\frac{1078}{1690}$ ou de 0,63 pour 100.

Ce coefficient du travail théorique est un peu supérieur à celui qu'on a trouvé pour les roues hydrauliques de Modane, appliquées à la compression directe de l'air dans la machine à piston horizontal ; il lui serait sensiblement égal (0,59), si, à raison des pertes par les soupapes, on admettait que la dépense d'eau est de 70 litres par seconde.

Quantité d'air nécessaire dans une galerie souterraine.

La quantité d'air qu'aspire un homme en vingt-quatre heures est de 19 mètres cubes, et l'acide carbonique qu'il exhale est de 0,03 pour 100 de ce volume, ou 0,57 de mètre cube ; mais ces données ne sauraient servir de base à l'aération d'un chantier, où les lumières doivent cesser de brûler lorsqu'il y a 5 pour 100 d'acide carbonique mélangé.

Il faut, d'ailleurs, pourvoir à la consommation d'oxygène faite par les lumières, qui sont en proportion des ouvriers travaillant dans le souterrain. Pour chacun d'eux, l'expérience semble indiquer qu'on ne saurait admettre moins de 5 mètres cubes par heure, ou 120^m^3 d'air frais par jour pour conserver dans le chantier une atmosphère salubre.

Si l'on a quarante ouvriers de divers états, mineurs, terrassiers, rouliers, maçons, charpentiers, c'est déjà un cube de $420 \times 40 = 4,800^{\text{m}^3}$.

La poudre de mine consommée est, sans doute, très-variable ; mais, avec un peu plus d'activité dans les travaux, on arrivera à une consommation moyenne de 25 kilog. par jour de vingt-quatre heures. Or, pour reprendre le travail dans un milieu où des mines viennent d'éclater, il faut environ 250 mètres cubes d'air par kilogramme de poudre. Ce n'est pas trop pour noyer et refouler les gaz qui sont le résultat de la détonation. Il faudra donc encore $25 \times 250 = 6250^{\text{m}^3}$, et en tout 11,000 mètres cubes, pour aérer une galerie pendant vingt-quatre heures.

On remarque que le chantier demande un peu plus d'air pour les chaleurs élevées de l'été que dans les temps froids. Quoi qu'il en soit, ces quantités resteront au-dessous de ce que peuvent donner les moteurs de Modane et de Bardonnèche.

L'aérage continue, toutefois, à éveiller la sérieuse attention des ingénieurs du tunnel ; il y a toujours une certaine difficulté à opérer le mélange de l'air dans une vaste galerie et à obtenir un milieu homogène. Ne serait-ce pas le cas d'ajouter aux moyens employés une aspiration, dont la bouche mobile serait dirigée vers les parties insalubres de la galerie ? On accélérerait toujours la vitesse des tranches ou du moins des filets qui se dirigent vers la sortie.

L'acide carbonique, dont la densité est de 1,52, semblait devoir rester dans les couches inférieures de la galerie. Il n'en est pas ainsi, et, si nous avons éprouvé une gêne momentanée dans la respiration, cela a été dans les parties supérieures où les cintres en bois et les voûtes étaient en construction. Cela tient, sans doute, à la production des vapeurs d'eau mélangées avec l'acide carbonique ; elles le portent dans les parties élevées, en vertu de la densité plus faible de ces vapeurs.

La température moyenne des galeries nous a paru être de 12 à 14 degrés.

Outil perforateur.

La préoccupation de la plupart des ingénieurs qui ont cherché des moyens mécaniques pour creuser des souterrains à travers la roche a été de trouver un outil capable de l'abattre dans toute l'étendue de la section. Tous les efforts tentés dans ce but ont été infructueux jusqu'à présent, et les expériences ont donné des résultats inférieurs à ceux qu'on obtenait de mineurs attaquant le rocher au moyen de la poudre. L'outil de M. Sommelier n'a d'autre prétention que de percer des trous de mines.

L'air comprimé qui a mis en mouvement le perforateur sert à l'aération de la galerie, lorsque sa force expansive a été utilisée.

Les outils perforateurs, au nombre de huit, sont fixés sur un bâti en fer porté sur quatre roues : chaque outil est muni d'un fleuret, qui bat la roche lui faisant face. On fait ainsi en même temps huit trous de 0^m,03 à 0^m,05 de diamètre sur 4 mètre de profondeur. Le bâti roule sur des rails qui atteignent le front d'attaque ; quand il est nécessaire, des freins puissants le rendent immobile.

L'outil perforateur pèse de 190 à 220 kilog., suivant le modèle. Il doit pouvoir accomplir divers mouvements pour tenir la place des deux mineurs qui percent un trou de mine avec le fleuret et le marteau.

Mouvements divers du fleuret.

Il faut que le fleuret ait un mouvement de va-et-vient pour opérer le broyage de la roche, par la percussion, dans le trou qu'on veut percer.

Il doit avoir, en même temps, un mouvement de rotation ; s'il attaquait toujours le fond du trou dans la même position, il serait bientôt désaciéré. Son action est plus efficace lorsque la tête est présentée sous un aspect à chaque instant varié.

Enfin, à mesure que le fleuret bat le fond du trou, la pierre se creuse, l'obstacle s'éloigne, et l'outil doit s'en rapprocher.

Voilà donc trois mouvements qui doivent s'accomplir simultanément. Il faut, de plus, qu'à chaque instant l'outil puisse être facilement ramené sur lui-même, soit pour changer un fleuret qui s'émousse ou se brise, soit pour le retirer tout à fait, lorsque le trou est à profondeur.

Mouvement de va-et-vient. — Imaginez un piston traversé par une tige, qui n'a pas la même grosseur dans les deux compartiments du corps cylindrique ; sur la partie antérieure de la tige, qui est la plus grosse, est fixé le fleuret.

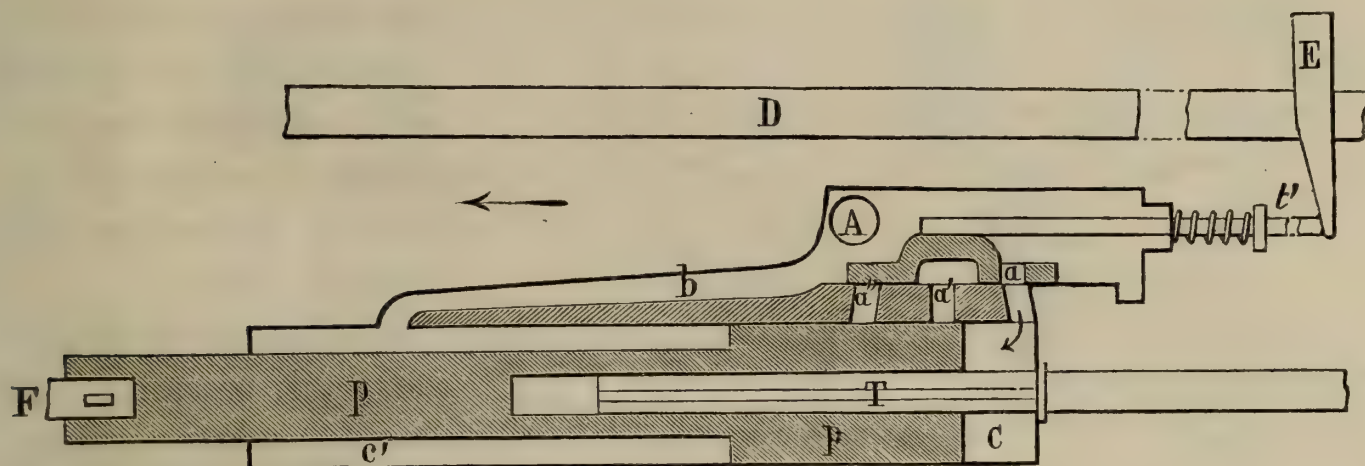
Au-dessus du cylindre, où se meut le piston, se trouve une chambre de distribution dans laquelle arrive l'air comprimé. Si cet air pénètre des deux côtés du piston, celui-ci sera poussé en avant, en vertu de la moindre pression exercée sur la surface réduite de sa face antérieure. Dans ce mouvement, le fleuret frappe la roche.

Pour ramener le piston à sa position primitive, on dispose le tiroir de la chambre de distribution de telle sorte qu'il bouche la lumière donnant de l'air comprimé dans la capacité postérieure du cylindre ; celle-ci est mise en même temps en communication avec l'atmosphère. Dès lors, si l'air comprimé

continue à affluer sur la face antérieure du piston, celui-ci est repoussé à l'arrière.

Ce jeu successif du tiroir, commandé lui-même par une petite machine indépendante à air, produit le mouvement de va-et-vient du fleuret.

Dans le croquis ci-dessous, qui représente le fleuret allant frapper la roche,



A est l'ouverture d'introduction de l'air comprimé dans la chambre de distribution;

a, la lumière d'introduction de l'air comprimé sur la face postérieure du piston;

a', a'', les lumières de sortie pour mettre la partie postérieure du cylindre en communication avec l'atmosphère;

b, la lumière, toujours ouverte, qui introduit l'air comprimé sur la face antérieure du piston;

P est le piston, solidaire de la tige T par une rainure longitudinale; il porte sur son prolongement le fleuret F;

t', tige qui commande le tiroir, et est poussée en avant par la came E pour masquer la lumière d'introduction a et mettre ainsi les lumières a', a'' en communication sous le tiroir avec l'atmosphère;

D, tige carrée, ou arbre moteur, qui reçoit un mouvement rotatif de la petite machine à air, et transmet ce mouvement à la came E.

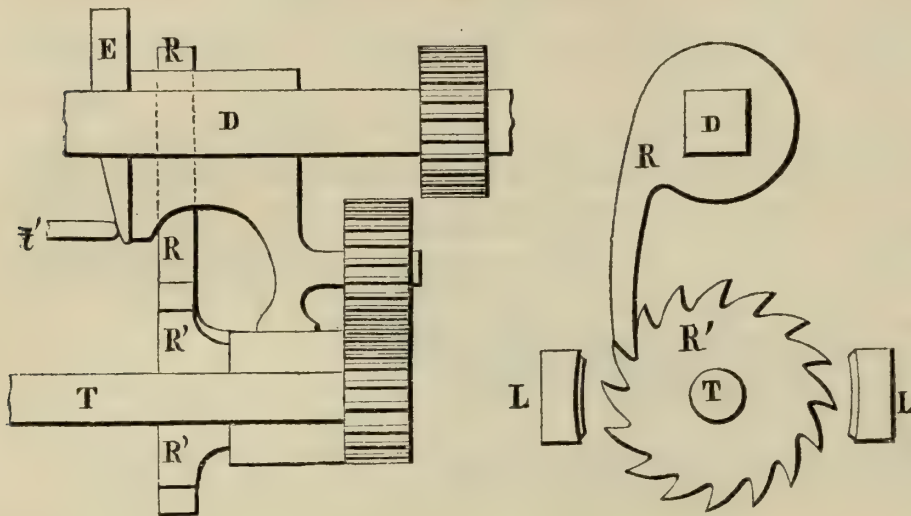
Quand la came cesse de presser la tige t', celle-ci est repoussée au moyen d'un ressort à boudin, de telle sorte que a se démasque et que les lumières a', a'' reviennent dans la position de la figure.

Il ne peut y avoir de choc du piston contre le cylindre; ils sont prévenus par le matelas d'air qui reste à l'avant, ainsi qu'à l'arrière, pour peu qu'on donne une légère avance au tiroir de distribution.

Mouvement rotatif du fleuret. — Nous avons dit que le piston est lié à la tige

postérieure, qui est censée le traverser, par une rainure ; celle-ci ne l'empêche pas de glisser sur cette tige dans le mouvement de va-et-vient.

Or cette tige prolongée porte une roue à rochet qui tourne sous l'action d'un cliquet fixé à l'arbre moteur. La vitesse de rotation du fleuret dépendra donc du nombre de dents de la roue.



T porte une roue à rochet R' qui a 16 dents ; à chaque tour de l'arbre D ou à chaque coup de fleuret, le cliquet R fait faire au piston un seizième de tour.

L, L' sont les longerons, qui, assemblés par deux traverses à leurs extrémités, forment un

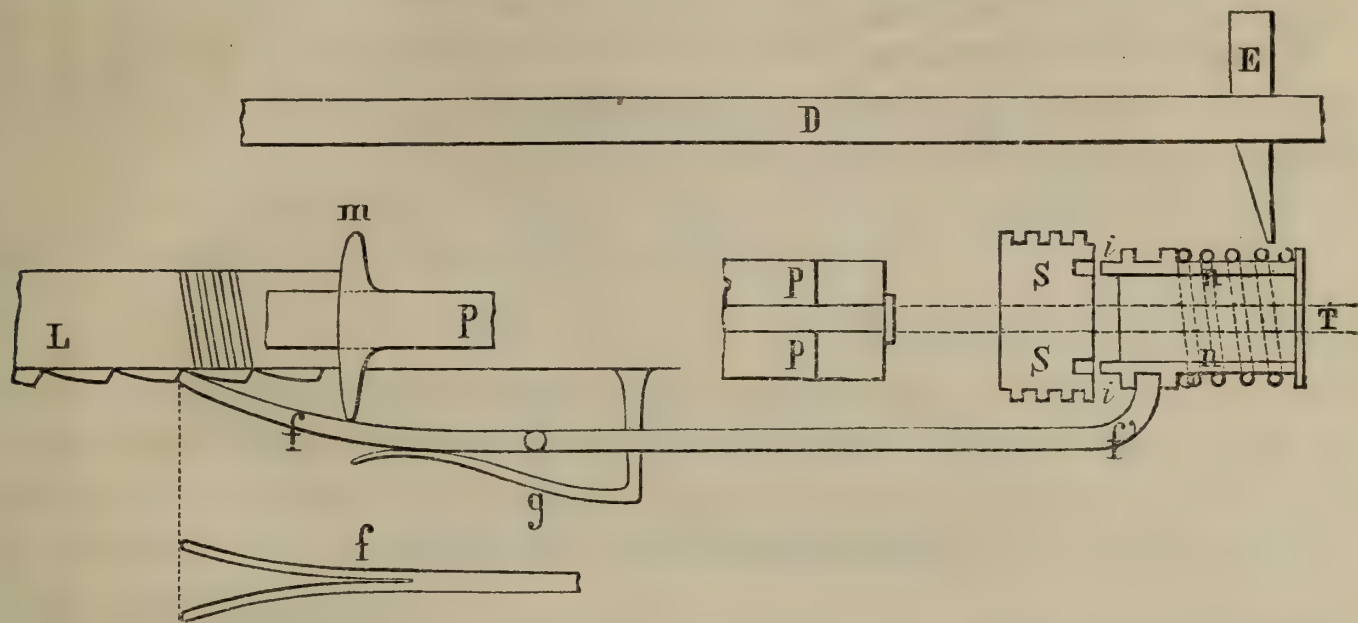
cadre sur lequel s'assemblent les différentes pièces du perforateur.

Comment avance le fleuret à mesure que le trou s'approfondit. — Les longerons en fonte qui portent l'outil ont les faces intérieures marquées par des pas de vis dans lesquels peuvent venir se loger les filets saillants d'une vis fixée sur la tige postérieure du piston. Les faces inférieures de ces mêmes longerons parallèles sont taillées en forme de crémaillère.

Le porte-outil est armé d'une partie saillante ou renflement, qui s'avance avec lui à mesure que le trou s'approfondit. Cette marche en avant lui permet d'atteindre une fourchette qui butte contre les dents de la crémaillère sous les longerons. Si cette fourchette, en s'abaissant, permet à une vis folle de se fixer sur la tige du piston, elle pénètre dans les filets creux des longerons et s'avance à son tour en entraînant tout le système jusqu'à ce que la fourchette, cessant d'être pressée par le renflement du porte-outil, s'engage de nouveau dans les dents de la crémaillère qui suivent celles qu'elle vient de quitter. Si les dents de la crémaillère sont espacées de 0^m,04, le cylindre et les organes qui glissent sur la tige motrice carrée auront avancé d'autant.

Ainsi, dans le croquis ci-après *f*, est la fourchette qui vient butter contre les dents de la crémaillère des longerons L, L. Lorsque le renflement *m* vient abaisser cette fourchette *f*, en forçant le ressort *g* qui la soutient, il en résulte que la fourchette *f'* se dégage du manchon *n*; celui-ci, poussé par un ressort, vient alors embrayer, par les saillies *i, i*, la vis S. Cette vis s'engage alors dans les filets des longerons et porte en avant tout le système, y compris la came E qui glisse sur l'arbre carré D. Ce mouvement se continue jusqu'à ce que la four-

chette *f*, arrêtée par la dent qui suit celle qu'elle abandonne, débraye *i, i*.



On conçoit que si le manchon *n* était solidaire de la vis *S*, comme la tige *T* fait une révolution, après avoir battu seize coups, il avancerait d'une longueur égale à celle d'un pas de vis ; mais cet avancement régulier ne concorderait pas avec la marche du travail qui est essentiellement irrégulière. Comme l'espace-ment des dents placées sous les longerons est de 0^m,04, cette distance marque les limites entre lesquelles le fleuret peut frapper la roche.

Derrière le cadre des perforateurs se trouve un tender à eau porté sur les roues. Un petit tuyau en caoutchouc, armé d'une lance, projette de l'eau dans la direction du trou qui se creuse. Le jet a lieu sous une pression de 5 atmosphères. Cette eau, en refroidissant l'outil, l'empêche de se détremper, et fait sortir en bouillie très-liquide les débris de la roche. L'eau consommée est d'environ 45 litres par mètre courant de trou de mine.

C'est grâce à ces précautions que l'on a prolongé la durée de service du fleuret qui peut percer des longueurs de trous de 1^m,50 à 3 mètres, suivant la dureté de la roche et la qualité de l'acier. Le fleuret n'affecte pas toujours la même forme à son extrémité. La surface percutante la plus habituelle se rapproche du *Z*.

On voit que la distribution est tout à fait indépendante du mouvement du piston, et il y a, en effet, deux sources différentes d'air comprimé, l'une pour le cylindre du tiroir, l'autre pour le cylindre du piston portant le fleuret.

Cela devait être, puisque le piston a une marche irrégulière qui dépend de la nature de la pierre qu'on attaque et de beaucoup d'autres incidents. La distribution aurait été complètement brouillée, si on avait tenté de lier par une bielle la tige du tiroir à celle du piston percuteur. Il ne pouvait en être autrement, mais la difficulté n'en est pas moins merveilleusement résolue par M. Sommelier.

Évaluation de la pression du fleuret.

Si le diamètre du piston P est $D = 0^m,06$, le diamètre de la tige postérieure $d = 0^m,025$, le diamètre du porte-fleuret $d' = 0^m,052$; la pression qui produira la percussion du fleuret sera exprimée par,

$$1^k,03 \times 5 \left(\frac{\pi d'^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) = 84^k,$$

et celle qui le ramènera sera,

$$1.03 \times 5 \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) - 1.03 \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d'^2}{4} \right) = 11^k,30.$$

Mouvement de recul du fleuret.

Pour faire sortir le fleuret du trou de mine ou ramener l'outil, on fait glisser, sur l'arbre moteur qui reçoit son mouvement de la petite machine à air, une roue dentée qu'on met en prise avec deux autres roues dont l'une est montée sur la tige du piston. Le ressort à fourchette étant déclenché, il y a emboîtement entre la partie filetée et le piston, et l'outil a promptement remonté un certain nombre de pas de vis qui le ramènent à sa position initiale.

Telles sont les dispositions principales de l'outil perforateur. Si de la description sommaire que nous venons d'en donner on en concluait que c'est un outil compliqué, on se tromperait complètement. En le voyant fonctionner avec une régularité si parfaite, on a le sentiment que c'est un outil pratique et que le problème est résolu, sauf les perfectionnements que tout procédé comporte. Nous sommes persuadé que, dans le cours du travail et dans un temps peu éloigné, lorsque les ouvriers auront pris l'habitude du perforateur de M. Sommelier, on donnera à la tâche le percement mécanique des trous aussi facilement qu'au mineur qui les creuse au burin et au marteau. Certes, la rapidité de l'exécution gagnera à cette nouvelle organisation du chantier.

Dépense d'air du perforateur.

Le perforateur donne environ de 180 à 240 coups de fleuret à la minute, et la course du piston est, en moyenne, de 15 centimètres dans un cylindre de 6 centimètres de diamètre. Le cylindre rend donc par minute à l'atmosphère souterraine

$$\pi .0.03^2 \times 0.15 \times 200 \times 5 = 0^m^3.4239,$$

et pour huit perforateurs qui travaillent simultanément

$$0,4239 \times 8 = 3^m^3,391.$$

La petite machine à air qui met en mouvement l'arbre moteur permet au piston une course de 0^m,07. Le diamètre du cylindre étant 0^m,06, sa dépense par minute est donc de

$$\pi \cdot 0.03^2 \times 0.07 \times 400 \times 5 = 0^{\text{m}^3},395.$$

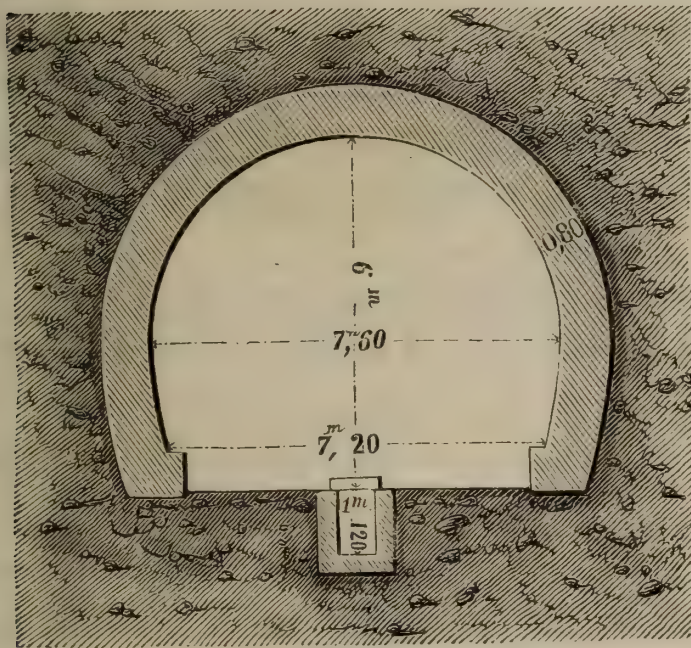
La dépense totale d'air sera pour 1 minute de $3,391 + 0,395 = 3^{\text{m}^3},786$ et, pour 16 heures de travail dans la journée, de

$$3^{\text{m}^3},78 \times 60 \times 16 = 3628^{\text{m}^3}.$$

Si on tient compte des jets d'air envoyés pour sécher les trous de mine avant l'introduction des cartouches et de pertes diverses, on pourra ajouter un cinquième à la consommation théorique. Le perforateur consommerait donc par jour $4,350^{\text{m}^3}$, quantité insuffisante pour aérer convenablement une galerie qui a dépassé 8 à 900 mètres.

Époque probable d'achèvement.

Le tunnel des Alpes est entièrement revêtu en maçonnerie. Sa largeur, à la naissance de la voûte qui n'est pas absolument un arc de cercle, mais qui



s'en rapproche beaucoup, est de 7^m,60. Il a 7^m,20 au niveau des rails. De plus, on creuse dans l'axe de son radier un égout de 1^m,20 de hauteur sur 1 mètre de large ; cet égout est destiné à recevoir l'écoulement des eaux, à placer, pendant la construction, des tuyaux d'aérage, et, en cas d'accident, à servir de moyen de sauvetage aux mineurs qui seraient enfermés par un éboulement. Si le revêtement ou les abatages irréguliers occupent

une largeur de 0^m,80, il en résulte une section de déblais de 101^{m^3} par mètre courant. Nous ne saurions voir de difficulté sérieuse dans l'enlèvement journalier de 200 à 250 mètres cubes de déblais en vingt-quatre heures, alors même que le déblai de la petite galerie est entravé pendant huit ou neuf heures. Avec deux voies posées sur toute la longueur de la galerie, avec un front de terrassement qu'on peut étendre, autant qu'on le veut, entre la maçonnerie qui se termine et la petite galerie qui se prolonge, il y a toujours

moyen de se débarrasser du déblai en rocher, et il n'y a d'obstacle à la rapidité du travail que le creusement de la petite galerie.

Quelle sera donc l'époque où le percement des Alpes sera opéré et où des waggons pourront, en courant sur des rails, aller de France en Italie ? Nous ne croyons pas téméraire de répondre que, suivant toute probabilité, le travail sera terminé dans une période de neuf ans. La galerie de Modane étant la moins avancée, c'est sur elle qu'on doit se régler.

Au 1^{er} janvier 1863, elle aura atteint 950 mètres, et les appareils de percussion seront installés à cette époque ; il restera à faire 5,460 mètres courants en huit ans ; réservant une année pour les travaux imprévus et accessoires, il faudrait faire par an 650 mètres en nombre rond, c'est-à-dire 2 mètres par jour, en comptant 325 jours de travail effectif. Il est donc probable que MM. les ingénieurs italiens pourront assurer à leur gouvernement la totalité de la prime française, ce dont nous ne nous plaindrons pas.

État atmosphérique du souterrain des Alpes pendant l'exploitation.

Quelques ingénieurs se sont préoccupés des courants d'air qui pourraient s'établir dans le souterrain, et se fondant, sans doute, sur des formules des différences dans les pressions manométriques à l'entrée et à la sortie, ils ont été jusqu'à prévoir de véritables tempêtes. Ces variations se produiront souvent, soit en raison de l'altitude qui est de 133 mètres plus haute à la bouche orientale, soit en raison des températures qui sont rarement les mêmes de l'un à l'autre côté des Alpes.

Si, par exemple, de fortes chaleurs se manifestaient du côté de Modane et se maintenaient dans toute la longueur du tunnel à la façon de l'air dans une cheminée, les calculs de l'écoulement des fluides élastiques donneraient de grandes vitesses, en négligeant les frottements que comporte une enveloppe de maçonnerie et de terre.

Mais, si on tient compte de la longueur du tuyau d'écoulement, on sera tout à fait rassuré. En effet, la température du souterrain, sur la presque totalité de sa longueur, restera uniforme, quelles que soient les températures observées à l'extérieur. L'air conservera la température des murs qui l'enveloppent, et cette atmosphère de cave ne sera soumise à aucune variation. Ce sera une sorte de matelas élastique contre lequel viendront s'amortir les pressions manométriques de l'extérieur.

Nous avons déjà des tunnels de 4 kilomètres de longueur, qui joignent des vallons très-diversement exposés, et jamais il ne s'est produit de courants d'air

incommodes, par les raisons que nous venons de donner. Il serait singulier que ce fait reçût un démenti, alors que s'allonge la conduite; on sait que, toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse décroît quand augmente la longueur du tuyau débouché par les deux bouts.

Dans les questions de ce genre, qui préoccupent à bon droit l'esprit public, on voit surgir les opinions les plus opposées. On s'est demandé si, dans ce milieu tranquille, on aurait toujours de l'air respirable. Cette crainte n'est plus fondée, dès qu'il n'y a plus de grandes productions d'acide carbonique dues aux explosions des mines. Ensuite les trains qui parcourent le souterrain en tout sens déplacent leur volume d'air. Enfin la communication ouverte entre les deux vallées permet un très-lent renouvellement de l'air, suffisant, toutefois, pour rendre salubre le milieu que l'on traverse.

Le souterrain des Alpes aura cependant sa tempête, mais elle sera de courte durée. Elle éclatera au moment où le mineur donnera le dernier coup de pic qui mettra en communication les galeries, jusqu'alors fermées, au nord et au midi. Il s'établira un violent courant d'air à travers cette première ouverture, jusqu'à ce que l'équilibre des températures entre les milieux où l'on travaillait soit devenu stable. Comme au souterrain du Lioran, ouvert aussi par les deux bouts, les lumières, les torches seront éteintes. Mais, quelques heures après, l'atmosphère du souterrain reprendra un calme qui ne sera plus troublé pendant les siècles à venir.

Voilà, Messieurs, ce que nous avons à vous dire sur les travaux du percement du souterrain des Alpes. Ils portent, avec un enseignement, un argument, si vous voulez, dans la polémique qui est engagée en France, en Italie, et surtout en Suisse, au sujet des autres passages à travers les Alpes.

II. TRAVERSÉES DES ALPES PAR LES CHEMINS DE FER.

La Suisse a plusieurs routes conduisant en Italie; mais, parmi elles, il n'y en a que trois pour lesquelles des chemins de fer aient été projetés avec quelques chances d'exécution.

Le premier et le plus voisin de la ligne du mont Cenis est un tracé par le Simplon. Déjà, de Genève ou de Lausanne, une ligne ferrée s'engage dans la vallée du Rhône et se termine à Sion. La compagnie de la ligne dite d'Italie a la prétention de lui faire traverser les Alpes et de gagner Domo d'Ossola, puis Arona où l'on retrouve un embranchement du réseau des chemins de fer italiens (voir pl. 265).

La seconde traversée des Alpes pourrait s'effectuer par le Saint-Gothard. Cette ligne prolongerait, vers l'Italie, les chemins de fer d'Alsace et le Central suisse

qui va de Bâle à Lucerne. Elle atteindrait Belinzona, Lugano et viendrait aboutir, par Come, à Camerlata, qui est joint à Milan par un chemin de fer.

Enfin la troisième traversée franchirait le Luckmanier, en continuant le chemin de fer de l'Union suisse qui aboutit aujourd'hui à Coire. A Biasca, la ligne se confondrait avec la précédente, jusqu'à Milan. On sait, d'ailleurs, que le Luckmanier n'a point de route de terre et que les voyageurs, en transit à Coire, pénètrent en Italie par le Splügen.

Ces tracés de chemin de fer représentent deux systèmes opposés de construction et d'exploitation pour les traversées des hautes montagnes. Les uns, dits *tracés bas*, avec des pentes réduites, ont pour altitude une limite d'entrée de 1,200 à 1,300 mètres ; les autres, dits *tracés élevés*, à fortes pentes de 5 à 6 centimètres par mètre, sont censés pouvoir être exploités à des altitudes de 1,700 à 1,800 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Mais avant d'entrer dans quelques détails sur la situation des études faites, il convient de donner l'indication précise des voies que suit aujourd'hui le voyageur qui va de Paris à Milan ; nous y ajouterons le temps employé à les parcourir et les prix de revient. Ce sera un terme de comparaison pour l'époque future où l'on verra les Alpes sillonnées par des chemins de fer.

Nous ne traçons que l'itinéraire de Paris à Milan, bien que les passages des Alpes desservent des intérêts industriels et commerciaux si divers. Si Milan, ville de plus de 200,000 âmes, n'est pas la capitale politique de l'Italie, elle en est, de fait, la ville la plus importante. Placé au centre d'une des plaines les plus riches de l'Europe, Milan est le point où viennent converger tous les chemins de fer qui rayonnent au delà des Alpes.

Le tableau qui suit est d'une parfaite exactitude ; il reproduit ce qu'on appelle le service d'été sur les chemins de fer, encore en activité au mois d'octobre de cette année.

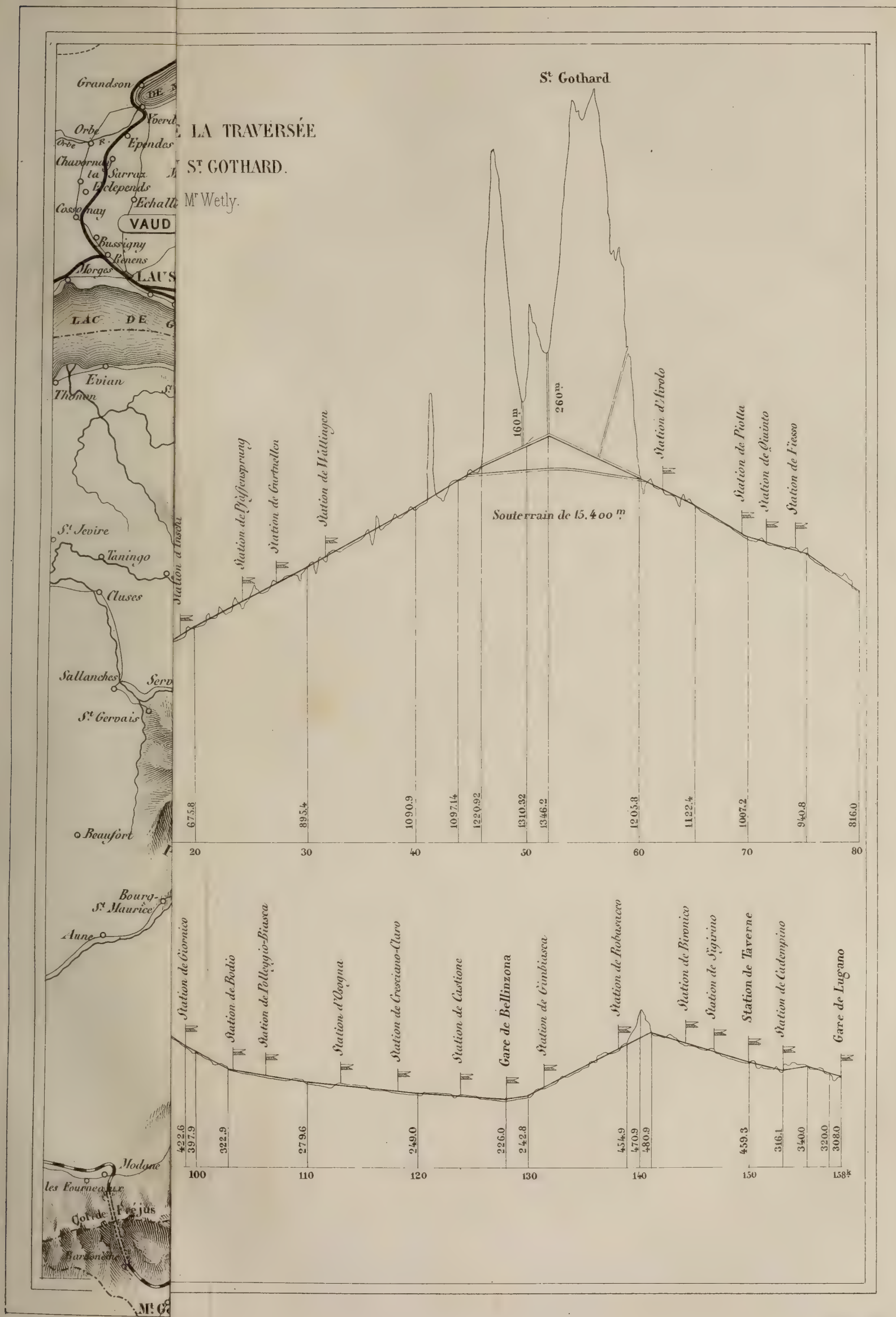
Itinéraire de Paris à Milan.

1° Par Culoz, Saint-Michel, Modane, le mont Cenis, Suze, Turin, Novare ;

2° Par Genève, Lausanne, Sion, le Simplon, Domo d'Ossola, Arona, Novare ;

3° Par Bâle, Lucerne, le lac des Quatre-Cantons, le St.-Gothard, Belinzona, Come, Camerlata ;

4° Par Bâle, Zurich, Coire, le Splügen, Colico, Come, Camerlata.





CARTE DES DIFFÉRENTS PROJETS DE TRAVERSÉE DES ALPES PAR LES CHEMINS DE FER.

DÉSIGNATION DES PARCOURS.	DURÉE DU TRAJET.	DISTANCES.	PRIX.		
			1 ^{re} classe.	2 ^e classe.	3 ^e classe.
1°					
Chemin de fer de Paris à Culoz.	8 ^h 40' (s.) à 8 ^h 53' (m.) = 12 ^h 13'	K. 560	F. 62 65	F. 47 05	F. 34 30
Arrêt.	1 ^h 01'				
Victor-Emmanuel. Culoz à St.-Michel.	9 ^h 54' (m.) à 1 ^h 52' (s.) = 3 ^h 58'	118	13 35	9 60	6 75
Berline-poste du mont Cenis. St.-Michel à Suze.	1 ^h 52' (s.) à 1 ^h (m.) = 11 ^h 08'	77	22 85	22 85	21 »
Victor-Emmanuel. Chem. de fer Lombard. Suze.	1 ^h (m.) à 9 ^h 50' (m.) = 8 ^h 50'	196	22 20	16 30	11 60
Turin. Novare. Milan.					
	Durée totale. 37 ^h 10'	951	121 05	95 80	73 65
2°					
Chemin de fer. Paris à Genève.	8 ^h 40' (s.) à 10 ^h 40' (m.) = 14 ^h	K. 626	F. 70 10	F. 52 60	F. 38 55
Chemin de fer. Genève, Versois, St.-Maurice.	11 ^h 30' (s.) à 3 ^h 3' (m.) = 3 33'	109	14 65	10 »	7 70
Chemin de fer. St.-Maurice à Sion.	3 ^h 10' à 4 ^h 37' (s.) = 1 27	41	5 65	3 95	3 10
Postes suisses. Sion, Simplon, Arona.	10 ^h 30' à 11 ^h (s.) = 24 30	181	35 50	35 50	29 80
Chemin de fer. Arona, Novare, Milan.	4 ^h 55' (m.) à 7 ^h 45' (m.) = 2 50	84	10 35	7 50	5 25
	46 20				
Temps d'arrêt à Genève, Sion, Arona.	12 45				
	59 05	1041	136 25	109 55	84 40
3°					
Chemin de fer Est français. Paris à Bâle.	7 ^h 55' (s.) à 9 ^h 5' (m.) = 13 ^h 10'	K. 524	F. 58 70	F. 44 »	F. 32 30
Chemin de fer Central suisse. Bâle à Lucerne.	10 ^h 30' (m.) à 1 ^h 44' = 3 14	96	11 30	8 40	6 45
Bateaux à vapeur. Lac des Quatre-Cantons.	2 ^h 30' (s.) à 5 ^h = 2 30	32	4 60	4 60	3 »
Postes suisses. Fluelen à Camerlata.	5 ^h 30' (s.) à 4 ^h (s.) = 22 30	181	35 95	35 95	31 90
Chemin de fer lombard. Camerlata à Milan.	8 ^h 20' (s.) à 9 ^h 42' = 1 22	44	5 45	4 20	2 85
	42 46				
Temps perdu dans les arrêts.	7 01				
	49 47	877	116 »	97 15	76 50
4°					
Est français. Paris, Bâle.	7 ^h 55' à 9 ^h 5' (m.) = 13 ^h 10'	K. 524	F. 58 70	F. 44 »	F. 32 30
Central, Nord-Est, Union suisse à Coire.	10 ^h 30' (m.) à 10 ^h (s.) = 11 30	236	29 »	21 35	15 75
Postes suisses. Coire à Colico.	11 ^h 30' (s.) à 2 ^h (s.) = 14 30	117	24 15	24 15	23 20
Lac de Come. Bateaux.	3 ^h (s.) à 7 ^h (s.) = 4 »	46	4 »	4 »	2 10
Omnibus. Come à Camerlata.	7 ^h 30' (s.) à 8 ^h (s.) = » 30	3	0 50	0 50	0 50
Chemin de fer lombard.	8 ^h 20' (s.) à 9 ^h 42' (s.) = 1 22	44	5 45	4 20	2 85
	45 2				
Temps d'arrêt.	4 45				
	49 47	970	121 80	98 20	76 70

On voit, par ce tableau, combien est grande la perte de temps qui résulte du transbordement des voyageurs de chemins de fer dans les bateaux des lacs, ou dans les voitures de poste et réciproquement. Avec des moyens aussi variés, on ne peut pas tout sacrifier au transport direct. Sauf la ligne du mont Cenis, où il n'y a d'interruption aux voies ferrées qu'entre Modane et Suze, les stationnements presque obligés dans les correspondances consomment jusqu'au quart du temps nécessaire au trajet entier.

Les prix diffèrent peu entre eux : en effet, sans avoir égard aux distances parcourues, les compagnies de transport font les sacrifices nécessaires pour que la dépense du trajet ne soit un motif de répulsion pour aucun voyageur.

Le cadre très-restreint de cette note ne nous permet pas de nous étendre sur la comparaison des projets de chemins de fer destinés à remplacer les voies actuelles. Un ingénieur d'un haut mérite, M. Eugène Flachat, a publié sur ce sujet deux volumes des plus intéressants (1), et si nous ne concluons pas comme lui, nous n'en estimons pas moins ses ingénieuses méthodes pour augmenter l'adhérence sur les pentes rapides.

Si nous demandons encore quelques instants à votre attention fatiguée, c'est pour vous entretenir de deux projets inédits qui sont de nature à faire bien ressortir, à illustrer, comme on dit aujourd'hui, les dissemblances entre les tracés élevés et les tracés bas. Il s'agit du Luckmanier et du Saint-Gothard dont les configurations sont d'ailleurs très-différentes.

Quant à la ligne du Simplon, nous n'en dirons rien, parce qu'aucun projet régulier n'a été produit (2). Elle quitte Culoz pour aboutir à Novare, tout comme la ligne du mont Cenis qui la prime. Cette situation n'est pas sensiblement modifiée pour l'ouverture de la section de Mouchard à Pontarlier. Le Gouvernement français n'est probablement pas disposé à dépenser de l'argent pour établir une doublure à une ligne qu'il subventionne. Il en est de même du gouvernement italien qui peut avoir des raisons puissantes pour créer une voie ferrée à l'autre extrémité des Alpes, mais qui n'en a aucune pour favoriser l'établissement d'une ligne aussi rapprochée du mont Cenis. Les intérêts de l'Italie sont satisfaits quant aux communications avec la France centrale, et il n'en est pas ainsi pour les relations avec l'Allemagne méridionale et l'Alsace.

La question se resserre donc et le débat se concentre. C'est, en effet, entre le Luckmanier et le Saint-Gothard que l'opinion ou la faveur du Gouvernement italien semble rester en suspens.

(1) *De la traversée des Alpes par les chemins de fer*, par Eugène Flachat. Octobre 1859.

Deuxième mémoire sur la traversée des Alpes par un chemin de fer. *Simplon*, 1860.

(2) *Avant-projet de chemin de fer par le Simplon*, par M. Jaquemin ; publié par ordre du Gouvernement vaudois.

Étude de M. Michel par le Luckmanier.

L'étude du tracé par le Luckmanier a été faite aux frais de la Compagnie de l'Union suisse, par M. Pestalozzi, sous la direction de M. Michel, ingénieur des ponts et chaussées, directeur de l'Union en 1860. Nous pouvons citer les noms de quelques-unes des localités que le projet effleure, tant elles sont connues des voyageurs et des touristes.

En partant de Coire, où aboutit le chemin de fer de l'Union suisse, sur la rive droite du Rhin, on remonte la vallée, et le tracé de M. Michel rencontre Reicheneau, Ilanz, Truns et Dissentis, où l'on est déjà à 1,100 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La déclivité augmente à mesure qu'on se rapproche des cols, et c'est à partir de Dissentis que commencent ces rebroussements, ces zigzags qui ont pour objet de donner des développements au tracé. Profitant de la continuation en ligne droite de la vallée du Rhin supérieur, on s'y engage pour rebrousser ensuite vers le Rhin du milieu ou vallée de Medels.

On remonte cette nouvelle vallée, où, entre deux immenses rebroussements, on aperçoit, en la laissant à gauche, la vallée secondaire de la Cristallina. En continuant l'ascension qui se maintient à des déclivités de 3 centimètres par mille, grâce à ces artifices, on arrive à l'hospice de Santa-Maria, à 1,842 mètres d'altitude. On est alors à peu de distance du col du Luckmanier qui sépare la vallée du Rhin de celle du Brenno, et bientôt l'on franchit ce col à 1,900 mètres au-dessus de la mer, au moyen d'un souterrain de 1,710 mètres de longueur.

Les versants, du côté de l'Italie, sont beaucoup plus abrupts que du côté opposé, et dans la vallée du Brenno, que l'on emprunte, au sortir du col du Luckmanier, les lacets se multiplient.

On descend ainsi à Piano di Segno, à Piano di Campera, jusqu'à Olivone, jonction du Brenno et du val de Camadra. Il faut encore prodiguer les lacets au-dessous d'Olivone, et ils ne cessent que plus bas, après Aquila, vers Ponte Vallentino.

A partir de ce point, le tracé reprend des allures plus régulières dans la vallée du Brenno, et il gagne enfin Biasca, dans la vallée du Tésin, où il vient se confondre avec la ligne de fer qui franchirait le Saint-Gothard.

Une fois dans la partie facile de la vallée du Tésin, M. Michel a dirigé son tracé par Claro, Bellinzona, Cadenasso, Cugnasso, vers Locarno, l'une des capitales du canton du Tésin. Cela pouvait satisfaire la souveraineté cantonale, mais ce n'était pas suivre la vraie direction qui doit conduire à Milan par la ligne la plus courte. C'est par un embranchement qu'on doit joindre Lo-

caro, et les habitants du canton du Tésin, si intelligents, si soucieux de leurs véritables intérêts, ne sauraient s'y méprendre.

Quoi qu'il en soit, la ligne de Luckmanier, entre Coire et Locarno, aurait une longueur de 491 kilom. Le rayon minimum de ses courbes serait 275 mètres, et les longueurs de ses pentes de 0^m,03, de 20 kilom. sur les deux versants. Le développement total des souterrains serait de 7,882 mètres.

Les dépenses sont évaluées de la manière suivante :

Terrains.	2,300,000 fr.
Terrassements, travaux d'art.	21,000,000
Tunnels.	7,200,000
Travaux contre la neige.	4,400,000
Balast et voie.	9,200,000
Bâtiments.	3,300,000
Télégraphie.	600,000
Matériel d'exploitation.	5,000,000
Administration.	2,000,000
Intérêts des cinq ans.	8,000,000
	63,000,000

Ce qui fait revenir le kilomètre à 330,000 fr.

La forme bombée du Luckmanier se prête à ces dispositions de tracé, et la dépense des souterrains, quoique trop réduite, sera toujours au-dessous de celle des tracés rivaux, en se plaçant à de hautes altitudes. Quant à la dépense kilométrique, dût-elle ne pas être supérieure à 330,000 fr., n'est-ce pas encore beaucoup trop pour aboutir à une exploitation impraticable pendant plusieurs mois de l'année ?

Projet de chemin de fer par le Saint-Gothard.

Une étude très-complète du passage par le Saint-Gothard a été faite, pendant l'été de 1864, aux frais de plusieurs cantons suisses et de deux compagnies de chemins de fer. Elle s'étend depuis Fluelen, sur le lac de Lucerne, à Lugano, sur le lac qui porte ce nom. On termine aujourd'hui le complément du projet entre Lucerne et Fluelen, sur la rive droite des Quatre-Cantons, en se reliant à Zurich d'une part, et d'autre part entre Lugano et Camerlata, où commence la ligne ferrée qui réunit Come à Milan. La première partie du tracé, dans la traversée des Alpes, est la seule qui présente des difficultés. Nous donnons (planche 265) le nivellement réduit de cet intéressant travail, dû à M. Wetly, ingénieur suisse.

Les pentes ne dépassent pas 0^m,026 par mètre et elles sont ainsi réparties :

DÉSIGNATION DES LIEUX.	LONGUEURS des pentes de 0 à 0 ^m ,016 par mètre.	LONGUEURS des pentes de 0 ^m ,016 à 0 ^m ,26.	LONGUEUR totale.	PENTE moyenne par mètre.
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	M.
De Fluelen à Estfeld.	9700	»	9700	0,0040
D'Estfeld au point culminant. . . .	9550	34000	43550	0,0208
Du point culminant à Bodio. . . .	12142	38638	50780	0,0205
De Bodio à Bellinzona.	24200	»	24200	0,0047
De Bellinzona à Lugano.	20000	10250	30250	0,0159
	75592	82888	158480	

Les courbes et les alignements droits sont répartis de la manière suivante :

DÉSIGNATION DES LIEUX.	ALIGNEMENTS.	COURBES.	LONGUEURS totales.
	M.	M.	M.
De Fluelen à Estfeld.	7380	2320	9700
D'Estfeld au point culminant.	27740	15810	43550
De ce point à Bodio.	35010	15770	50780
De Bodio à Bellinzona.	19755	4445	24200
De Bellinzona à Lugano.	19445	10805	30250
	109330	49150	158480

Le tracé remonte la vallée de la Reuss, depuis le lac des Quatre-Cantons : à Goschinen, il entre dans la vallée secondaire qui porte ce nom, et il l'occupe sur 3 kilomètres de longueur. Là il entre en souterrain à la cote 1,219 mètres, pour sortir sur le versant oriental du Saint-Gothard, à 1,200 d'altitude, après avoir percé la montagne sur 15,400 mètres de longueur.

Mais il faut remarquer qu'à une distance de 6 kilomètres de l'entrée nord on coupe la Reuss, qui descend vers Hospenthal, distant de 650 mètres, et qu'en cet endroit on peut forer un puits de 160 mètres seulement de profondeur. Au delà, à 2 kilomètres, on passe une seconde fois sous la Reuss, qui prend sa source aux étangs de l'Hospice, et dans ce pli alpestre on peut avoir un deuxième puits de 296 mètres de profondeur. En fait, la plus longue galerie à entreprendre n'a pas plus de 7 kilomètres ; c'est, à très-peu de chose près, la moitié de la percée de Fréjus ou du mont Cenis.

C'est à la rencontre des vallées de Trémola et de Bedretto que débouche le

souterrain. On descend ensuite la vallée du Tésin, en laissant Airolo sur la gauche.

A Biasca, on rencontre l'affluent dont nous avons parlé, le Brenno, qui descend du Luckmanier. On passe ensuite à Bellinzona, et, après avoir franchi le monte Ceneri, on arrive à Lugano, dans la direction de Milan.

Il est possible, ainsi que les études de M. Wetly l'ont démontré, de porter l'entrée du souterrain, du côté du nord, à 1,500 mètres d'altitude, et du côté du sud à 1,415; sa longueur serait réduite à 9,800 mètres. Mais cette solution intermédiaire ne nous semble pas devoir être adoptée, en présence des moyens puissants dont on dispose pour ouvrir un souterrain susceptible d'être divisé en trois galeries pouvant être attaquées par six côtés à la fois. Les magasins de force seront d'ailleurs à portée pour l'aérage et le forage, puisqu'on dispose des eaux de la Reuss et du Tésin.

Si l'on veut comparer la traversée du Luckmanier à celle du Saint-Gothard, nous n'essayerons pas de faire valoir, en faveur de cette dernière, la richesse plus grande des cantons qui la précèdent; nous ne voulons considérer les tracés qu'au point de vue de l'art et de l'exploitation.

Il est évident que le chemin de fer le plus court sera celui qui percera la montagne, au lieu d'épouser ses contours. Mais voyons s'il n'y a pas un terme de comparaison entre le Luckmanier, où un souterrain ne saurait être percé à une altitude réduite à cause de ses formes allongées, et le Saint-Gothard, où des lacets ne sauraient se développer à cause des pentes roides des arêtes de la figure conique. Les deux chemins aboutissent à Bellinzona. Si on mesure les distances correspondantes à des altitudes égales sur les versants occidentaux des Alpes, on trouve,

de la cote, 1,200 mètres après Dissentis, à Bellinzona.	434 kil.
de la cote, 1,200 mètres, près Goschinen à Bellinzona.	413 kil.
en faveur du Saint-Gothard, différence.	<u>48 kil.</u>

Cet avantage n'est que très-secondaire, et, en insistant, nous croirions amoindrir la valeur d'un argument qu'on tire de l'exploitation impossible dans la région des neiges. Mais, dira-t-on, pourquoi s'arrêter devant une objection pareille? Quoi de plus simple, si l'on estime qu'une altitude de 1,200 mètres ne saurait être dépassée, que de garantir le chemin de fer par un abri continu au-dessus de cette hauteur? Cela coûtera toujours moins cher qu'un souterrain.

Ce n'est pas avec une toile cirée ou des cintres en sapin que l'on garantira une voie ferrée des tourmentes et des avalanches des Alpes. Il faudrait construire une voûte en maçonnerie solide, avec d'épais pieds-droits, à dimen-

sions bien supérieures à celles d'un revêtement de tunnel. Le développement en serait, au Luckmanier, de 46 kilomètres, ce qui, à 700 fr. le mètre, ferait déjà plus de 32,000,000 fr. Qu'on songe ensuite aux rebroussements et à tous leurs inconvénients sous ces voûtes en saillie sur le sol de la montagne, aux ennuis d'une traversée en souterrain d'une longueur trois fois égale à celle que déjà nous trouvons si longue. L'objection subsiste donc dans toute sa force.

Quand on voyage en touriste pendant les beaux mois de juillet et d'août, au milieu des sites si pittoresques de la Suisse, alors que, rentré chez soi, on recueille au coin du feu les souvenirs de ces riantes promenades, on peut, avec une imagination féconde, avec une science incontestée, formuler des systèmes d'exploitation au milieu de ces neiges qui auront disparu à la saison prochaine. Ces études curieuses, dont l'industrie pourra profiter, ne donneraient que d'impuissants moyens pour exploiter des voies ferrées sur les sommets des Alpes. Cette opinion est celle de la plupart des ingénieurs qui résident en Suisse.

Il est incontestable pour nous que les méthodes nouvelles d'aérage et de perforation des trous de mines tendent à faire rentrer les percements des longs souterrains dans la catégorie des travaux qui ne demandent plus qu'une durée limitée dans leur exécution, et dans des dépenses qui peuvent rester au-dessous de celles de beaucoup de souterrains exécutés de nos jours sur les lignes ferrées. Les solutions pratiques pour les traversées des Alpes ne sauraient donc se trouver dans les tracés à hautes altitudes où l'exploitation est incertaine, où les plus ingénieuses combinaisons mécaniques seraient déjouées par la fureur des éléments; il faut les chercher dans les tracés bas et sous les puissants abris de la montagne.

LÉGENDE DE LA MACHINE A FORER LES TROUS DE MINES IMAGINÉE PAR M. SOMMELIER
(PLANCHE 266).

Nous empruntons à l'ouvrage de M. Armengaud aîné (*Publication industrielle des machines*, etc.) le dessin d'ensemble de la machine à forer les trous de mines, dont les croquis (page 111 et suivantes) ont expliqué la fonction des organes principaux.

Fig. 1. Section verticale de l'appareil, suivant l'axe de l'outil perforateur.

Fig. 2. Vue en dessus, avec section horizontale passant par l'axe du cylindre, de la petite machine à air comprimé.

A, piston en fer se mouvant horizontalement, dans un cylindre de bronze, sous l'action de l'air comprimé.

B, fleuret emmanché à l'extrémité antérieure du piston A au moyen d'un assemblage à douille.

C, tige traversant le piston dans la moitié de sa longueur et lui communiquant, au moyen de deux clefs, le mouvement rotatif intermittent qu'elle reçoit.

D, D', écrous serrant les garnitures en cuir placées aux deux fonds du cylindre du piston A pour empêcher toute déperdition d'air comprimé.

E, boîte de distribution de l'air comprimé; elle est venue de fonte avec le cylindre dans lequel se meut le piston A.

F, tuyau amenant l'air comprimé dans la boîte de distribution E.

G, lumière d'admission de l'air comprimé sur la face antérieure du piston A; elle reste constamment ouverte.

G', lumière d'admission de l'air comprimé sur la face postérieure du piston.

H, H', lumières pour la sortie de l'air comprimé qui a agi sur la face postérieure du piston.

I, tiroir réglant, par sa position, l'admission de l'air comprimé sur la face postérieure du piston ou sa sortie dans l'atmosphère; on sait que dans le premier cas, qui est celui que représente la figure 1, le piston A et le fleuret qu'il porte sont poussés en avant pour opérer la percussion, tandis que dans le second le tiroir, amené en avant, masque la lumière G' et met en correspondance avec l'atmosphère les lumières H et H', position qui, en laissant l'air comprimé fourni par la lumière G agir seul sur la face antérieure du piston, fait reculer celui-ci.

I', tige menant le tiroir I; elle est entourée d'un ressort qui la sollicite constamment à revenir en arrière.

J, came déterminant par sa position l'avancement de la tige I' et, par conséquent, du tiroir I.

K, arbre commandant, au moyen de la came J, le mouvement d'avance du tiroir I; il est carré sur toute sa longueur, à l'exception de ses deux extrémités qui sont rondes pour tourner librement dans les coussinets des deux paliers extrêmes qui le portent. La came J, outre le mouvement de rotation qu'elle reçoit, peut glisser sur toute la longueur de l'arbre.

L, cliquet relié par un collier au moyeu de la came J et agissant sur la denture du rochet L'.

L', rochet de 16 dents, calé vers l'extrémité de droite de la tige C prolongée et imprimant, sous l'action du cliquet L, un mouvement rotatif intermittent à cette tige et, par conséquent, à l'outil perforateur; cette rotation a lieu à chaque révolution de l'arbre K, c'est-à-dire à chaque coup de fleuret.

M est la petite machine à air comprimé qui sert à donner le mouvement à l'arbre K et, par conséquent, à commander la marche du tiroir de distribution I.

N, entrée de l'air comprimé dans le cylindre de la machine M.

N', sortie de l'air comprimé du même cylindre.

O, arbre coudé portant deux volants régulateurs, l'excentrique qui mène le tiroir

s'abaisser en comprimant le ressort W et entraînant dans ce mouvement le double cliquet V, qui abandonne immédiatement les dents de la crémaillère. Dès lors le levier T n'ayant plus de point d'appui pour résister à l'effort du ressort à boudin qui entoure le manchon S, les tenons de celui-ci pénètrent dans les entailles de la vis R, qui se trouve embrayée et entraînée par l'encliquetage LL' commandé par l'arbre moteur K. Le mouvement de cette vis dans la denture hélicoïdale des longerons a pour résultat de faire avancer, entre ces longerons, toute la partie mobile de l'appareil.

Cet avancement, étant beaucoup plus rapide que celui du fleuret dans la roche, oblige le piston A à diminuer sa course jusqu'à ce que le double cliquet V, venant butter contre la dent suivante de la crémaillère des longerons, repousse de nouveau en arrière le manchon S et le débraye d'avec la vis R, qui cesse ainsi de tourner et de faire avancer l'appareil.

Mais la course du piston augmentera avec l'approfondissement du trou creusé par le fleuret, jusqu'à ce que le double cliquet V soit chassé, comme précédemment, de la crémaillère des longerons, moment auquel la vis folle R sera de nouveau embrayée, et ainsi de suite. Cette manœuvre se répète d'autant plus souvent que l'action du fleuret est plus rapide, de sorte que la dureté de la roche règle l'avancement de l'outil d'une manière tout à fait indépendante de la main de l'ouvrier.

Lorsque le trou de mine est terminé ou bien lorsqu'on veut, pour une cause quelconque, retirer le fleuret, on se sert des organes suivants pour le faire reculer.

X, roue dentée calée sur l'arbre K, près du palier d'arrière de cet arbre.

Y, autre roue dentée placée à l'extrémité du prolongement de la tige C.

Z, troisième roue dentée fixée au support mobile qui relie l'arbre moteur K avec la tige C.

On remarquera que les roues Y et Z sont constamment engrenées, tandis que la roue X est libre. Il résulte de cette disposition que, lorsqu'on veut faire revenir le fleuret en arrière, il suffit simplement de mettre en prise la roue X avec la roue Z et de déclancher le double cliquet V; on met ensuite en mouvement l'arbre K, en lui donnant le sens de rotation convenable.

(M.)

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

CONSEIL D'ADMINISTRATION.

DÉCISION RELATIVE A LA NOMINATION DE MEMBRES ADJOINTS.

Conformément à l'arrêté pris le 16 janvier 1855,

M. Faure entendu dans la séance publique du 25 février 1863 pour le comité des arts mécaniques,

Le Conseil, après délibération, a décidé que ce comité était autorisé à présenter une liste de candidats pour la nomination de deux membres adjoints.

ARTS MÉCANIQUES.

RAPPORT fait par M. TRESCA, au nom du comité des arts mécaniques, sur un NOUVEAU MODE DE TRANSMISSION pour faire disparaître les irrégularités du mouvement obtenu par l'intermédiaire du joint de Cardan, employé par M. NORMAND, mécanicien, rue Saint-Honoré, 370.

M. Normand, bien connu par les nombreuses presses typographiques qui sont sorties de ses ateliers, vous a soumis un organe de transmission qu'il vient d'appliquer aux presses doubles, et dont l'importance, en apparence

Tome X. — 62^e année. 2^e série. — Mars 1863.

secondaire, ne peut être appréciée dans ce rapport qu'au moyen de quelques détails préliminaires sur ce genre de machines.

Les presses simples, ou *en blanc*, à un seul cylindre de pression, n'impriment la feuille que d'un seul côté, et par cela même leur tirage, plus parfait, revient à un prix que les impressions soignées peuvent seules supporter.

Les presses doubles, ou à *retiration*, impriment successivement la feuille sur les deux faces, dans des conditions d'économie beaucoup plus satisfaisantes, mais la perfection du tirage laisse encore à désirer, soit parce que les deux empreintes se succèdent trop rapidement, soit parce que les conditions actuelles du fonctionnement ne sont pas assez précises.

Pour obvier en partie aux inconvénients résultant de la viscosité de l'encre, lors de l'impression en *retiration*, on fait ordinairement passer des feuilles de décharge qui, tout en constituant un déchet improductif, sont loin d'équivaloir à l'excès de dépense qu'entraîne le tirage sur les presses en blanc. On arrive, par ce moyen, à des impressions un peu plus soignées, mais les imperfections mêmes de la machine n'en exercent pas moins une influence des plus fâcheuses sur la netteté des caractères et des dessins.

Cette imperfection provient surtout de ce que le marbre qui porte la composition ne se meut pas absolument de quantités égales à celles dont se meuvent les circonférences des cylindres, ou que tout au moins cette égalité ne peut être obtenue qu'approximativement et par une sorte de contrariété entre ces deux parties de la machine, qui comprennent entre elles la feuille à imprimer.

En général, les deux cylindres de pression reçoivent leurs mouvements d'un arbre inférieur, au moyen de deux pignons intermédiaires, agissant sur le pignon moteur du premier cylindre, et celui-ci agit sur le pignon du second cylindre de pression, qui sert habituellement à la *retiration* ; tous les pignons étant égaux entre eux, il suffit de donner à leurs dentures la précision des engrenages ordinaires pour faire que les deux cylindres de pression se meuvent en parfaite concordance entre eux et avec l'arbre premier moteur.

La transmission du mouvement de cet arbre au marbre de la machine est moins régulière et plus compliquée ; elle s'obtient au moyen d'un pignon qui fait mouvoir une crémaillère placée, autant que possible, au milieu de la machine. Cette transmission ne présenterait aucune difficulté si la crémaillère ne devait se mouvoir que dans un seul sens, mais il est nécessaire que le marbre revienne régulièrement sur lui-même, après le premier parcours, sans que l'arbre moteur cesse de tourner dans le même sens ; cette condition est indispensable toutes les fois que la marche doit être un peu rapide, et on

y satisfait en permettant, par une articulation, au pignon qui doit agir sur la crémaillère, d'être tantôt au-dessus, tantôt au-dessous de celle-ci, sans cesser d'être en prise avec elle. Cette articulation, étant constamment entraînée dans le mouvement de rotation de l'arbre, ne peut être établie qu'au moyen d'un joint de Cardan, et les deux passages, de bas en haut ou de haut en bas, sont effectués, pour l'axe du pignon, dans deux guides circulaires ou croissants, placés, comme la crémaillère elle-même, sur le châssis mobile.

La figure de ce mode de transmission se trouve dans le *Traité de cinématique* de notre collègue M. Laboulaye, page 324.

L'irrégularité qui se produit inévitablement, lors du passage dans ces croissants, est sans aucune importance, l'impression ne se faisant jamais que dans les points du parcours où le marbre est en vitesse, dans un sens ou dans l'autre.

C'est seulement alors que l'uniformité du mouvement de translation est absolument indispensable; si le cylindre développe sur le marbre plus de chemin que le marbre lui-même n'en fait, le papier sera déchiré, ou tout au moins l'impression sera déformée par le frottement et perdra toute sa pureté. Dans le cas contraire, le papier pourra se replier lui-même en donnant lieu, quant à l'impression, à des défauts analogues. Ces deux effets se produisent nécessairement par l'intermédiaire du joint de Cardan, car on sait alors que l'uniformité de mouvement de l'arbre moteur se traduit par un mouvement très-peu régulier de l'arbre, qui fait avec lui un certain angle, et que si l'on désigne par ω et ω' les angles dont les deux arbres ont tourné simultanément, et par I le supplément de l'angle des deux axes, on a la relation trigonométrique

$$\text{tang. } \omega = \text{tang. } \omega' \cos I,$$

et cette relation ne peut conduire à une valeur de ω' égale à celle de ω qu'autant que tang. ω serait nulle ou infinie, ce qui montre que les choses se replacent dans les mêmes conditions que si le mouvement était uniforme pour les deux axes, dans quatre positions différentes, à chaque tour, et de 90 en 90°.

Pour toute autre position, l'arbre conduit est en retard ou en avance sur l'arbre moteur, et, par conséquent aussi, la crémaillère, si le pignon, qui est animé de ce mouvement irrégulier, conserve en tous ses points un rayon constant.

Si, au contraire, on donnait à ce pignon un rayon variable et convenablement proportionné, il est facile de voir que l'on pourrait encore entraîner la crémaillère avec une vitesse uniforme; il suffirait, pour cela, de faire varier

ce rayon en raison inverse de la vitesse angulaire du pignon, dans chacune de ses positions successives. C'est là précisément la solution toute géométrique à laquelle M. Normand a été conduit par l'observation, et son pignon ovale est tellement combiné avec la crémaillère, que la régularité du transport de celle-ci est, pour ainsi dire, absolue.

Afin de maintenir, avec sa valeur constante, l'angle des deux axes réunis par l'articulation, malgré les variations des rayons qui agissent successivement sur la crémaillère, M. Normand a raccourci les dents de celle-ci de toute la longueur dont le rayon moteur augmente et inversement. L'ensemble de la denture de la crémaillère forme ainsi une ligne ondulée, présentant, à la partie supérieure comme à la partie inférieure, deux dos et deux ventres, correspondant respectivement aux ralentissements et aux accélérations de l'arbre du pignon ovale. Le marbre, qui est solidaire avec la crémaillère, pourra, dès lors, se déplacer, dans toutes ses positions, de quantités précisément égales aux arcs développés par chaque point de la circonférence des cylindres ; le papier sera comprimé entre eux régulièrement, sans être ni étendu, ni plissé ; l'impression se fera bien exactement sur le papier ainsi maintenu, et aucune cause ne tendra à élargir ou à déformer les traits, limités exactement à l'empreinte de l'encre déposée sur les caractères.

Dans les presses ordinaires à retiration, les inconvénients que nous avons signalés atteindraient facilement une amplitude de 2 et de 3 millimètres, si l'on n'employait certains artifices pour déterminer la proportionnalité des deux mouvements, pendant toute la période du passage de la forme sous les cylindres, au moins d'une manière approchée.

On a cherché à faire mouvoir les cylindres par le marbre lui-même, mais cette solidarité produit de graves inconvénients, et l'on n'obtient, en pratique, un résultat acceptable qu'en déterminant une solidarité moins absolue, au moyen d'une bande de cuir ou de sangle appelée *support*, qui, serrée entre le marbre et le bord des cylindres, détermine entre eux une certaine solidarité, et force à peu près ces deux organes à marcher d'accord.

L'addition de ces supports peut bien diminuer les effets de la discordance entre les deux mouvements ; mais, puisqu'ils sont l'un et l'autre déterminés par des organes rigides, l'amélioration dont nous parlons ne peut être obtenue qu'en faisant violence à l'un des arbres intermédiaires, qui est soumis chaque fois à une torsion, peu considérable il est vrai, mais répétée à chaque passage d'une nouvelle feuille.

M. Normand nous a fait voir les effets de cette torsion : elle est telle, que les pignons intermédiaires, qui se mettent librement en place lorsque le marbre

est dans sa position normale, ne pourraient être enlevés sans d'énormes difficultés lorsque le marbre occupe une position différente, et particulièrement celle qui correspond à un huitième de révolution des pignons ; dans cette position, pour laquelle la discordance est la plus grande, l'arbre du joint de Cardan et celui du premier cylindre forment ressort, et appliquent avec un effort presque insurmontable les deux dentures l'une sur l'autre. On comprend combien cet effet doit aider à la destruction des engrenages et à l'usé rapide des différentes pièces de la machine.

C'est sans doute à cette même discordance entre les deux mouvements qu'il faut également attribuer le déplacement, sur les *blanchets*, des hausses employées sur certains points pour faire ressortir le tirage ; il faut, avec les machines à retiration, corriger souvent la mise en train pour obvier aux inconvénients de ce déplacement.

Il ne peut être question, dans ce rapport, d'examiner, au point de vue théorique, toutes les conditions géométriques de la modification de M. Normand ; disons seulement que, pour un angle $I = 15^\circ$, la relation

$$\text{tang } \omega' = \text{tang } \omega \cos I$$

donne, pour $\omega = 45^\circ$, $\omega' = \text{arc tang } \cos I = 44^\circ$.

Il y a donc, lorsque l'arbre moteur a tourné d'un huitième de révolution, une différence de 1° environ entre le pignon de la crémaillère et celui des cylindres. Si le rayon des uns et des autres est seulement de $0^m,10$, cette différence équivaut à $\frac{2\pi r}{360} = 0^m,0017$ ou près de 2 millimètres ; cette différence est très-importante à corriger, et les modèles que vous avez sous les yeux vous démontrent qu'elle l'est absolument, par la substitution du pignon ovale de M. Normand au pignon circulaire habituel.

Dans le modèle qu'il a préparé pour l'exposition de Londres, M. Normand a reproduit, bien qu'avec des dimensions réduites, tous les organes de la double transmission ordinaire, savoir :

1° En ce qui concerne le mouvement des cylindres, l'arbre moteur principal muni d'un pignon circulaire, un pignon de même diamètre calé sur un arbre intermédiaire, un troisième pignon également de même diamètre monté sur l'arbre du premier cylindre de pression, enfin un quatrième pignon sur l'arbre du deuxième cylindre.

2° Quant au déplacement du marbre, l'arbre moteur principal est prolongé, au moyen d'un joint de Cardan, par un arbre terminé par un pignon,

qui est circulaire sur une moitié de la circonférence, et qui est ovale sur l'autre moitié.

Ce pignon entraîne la crémaillère du marbre dans son mouvement longitudinal, en passant alternativement au-dessus et au-dessous de cette crémaillère.

Au moyen de deux compositions différentes disposées sur le marbre et de manière à correspondre, pour une partie de la composition, à la denture circulaire du pignon, pour l'autre partie à la denture ovale, on reconnaît facilement que la pureté du tirage, dans cette seconde impression, est de beaucoup préférable à celle qui correspond à la denture circulaire.

Au moyen d'une division en vingt-quatre angles égaux sur le premier cylindre, et d'une division correspondante, graduée en parties égales sur la table, on reconnaît parfaitement la concordance la plus satisfaisante entre les déplacements qui correspondent à la denture ovale, tandis qu'une discordance d'un millimètre et demi environ se fait voir entre les deux divisions, dans la partie qui correspond à la denture circulaire.

M. Normand a eu l'heureuse idée de faire saisir le point de départ de cette discordance au moyen de deux limbes gradués, respectivement solidaires avec les deux parties de l'arbre moteur, avant et après son interruption par le joint de Cardan. Un double repère étant en concordance, au départ, avec une des divisions de chacun des limbes, on voit la différence apparaître pour chaque rotation de 15° ; elle est sensiblement au maximum pour 45° , et alors de 3 millimètres environ, le rayon des limbes étant double de celui des cylindres et des pignons.

En tournant encore de 45° on revient à une concordance complète, et il en serait de même pour chaque déplacement de 45° , si le pignon ovale ne venait corriger cette influence, quant à ses effets sur le mouvement de transport de la table.

En imprimant, avec son modèle, particulièrement des caractères maigres, on peut facilement comparer la pureté de l'impression, dans le tirage qui correspond au pignon ovale, à l'irrégularité de celle qui correspond au pignon circulaire.

Pour mettre également hors de doute la torsion de l'arbre du premier cylindre, M. Normand, dans son modèle, a coupé cet arbre, sur une partie de sa longueur, et l'a remplacé, dans cet intervalle, par une portion d'arbre plus faible, dont la torsion est ainsi rendue plus facile et concentrée dans cette partie faible. Au moyen de deux limbes, montés séparément sur chacune des parties de l'arbre principal, il est facile de constater, à simple vue, cette tor-

Fig. 2.

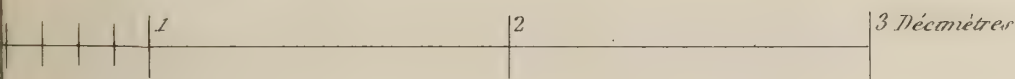
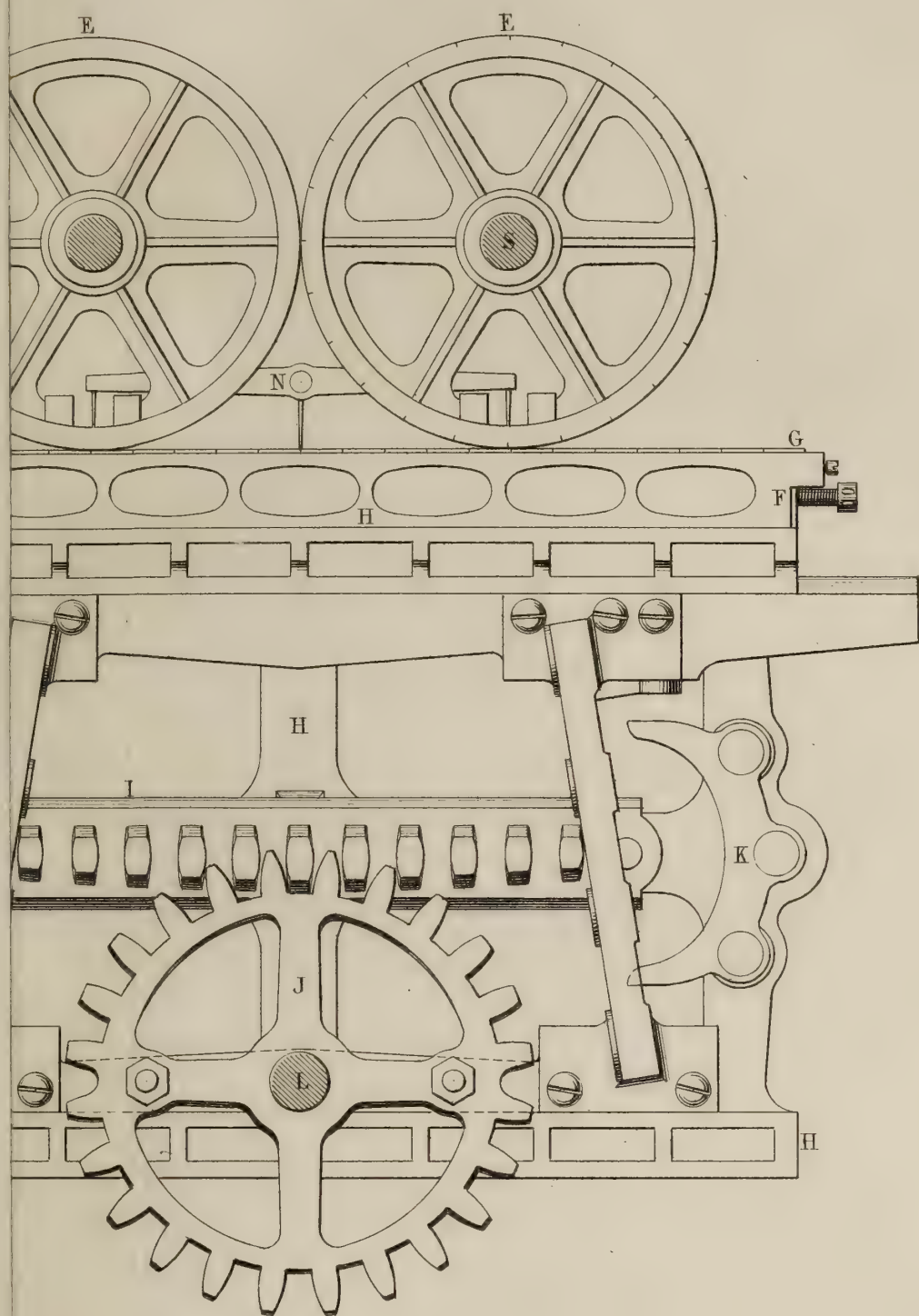
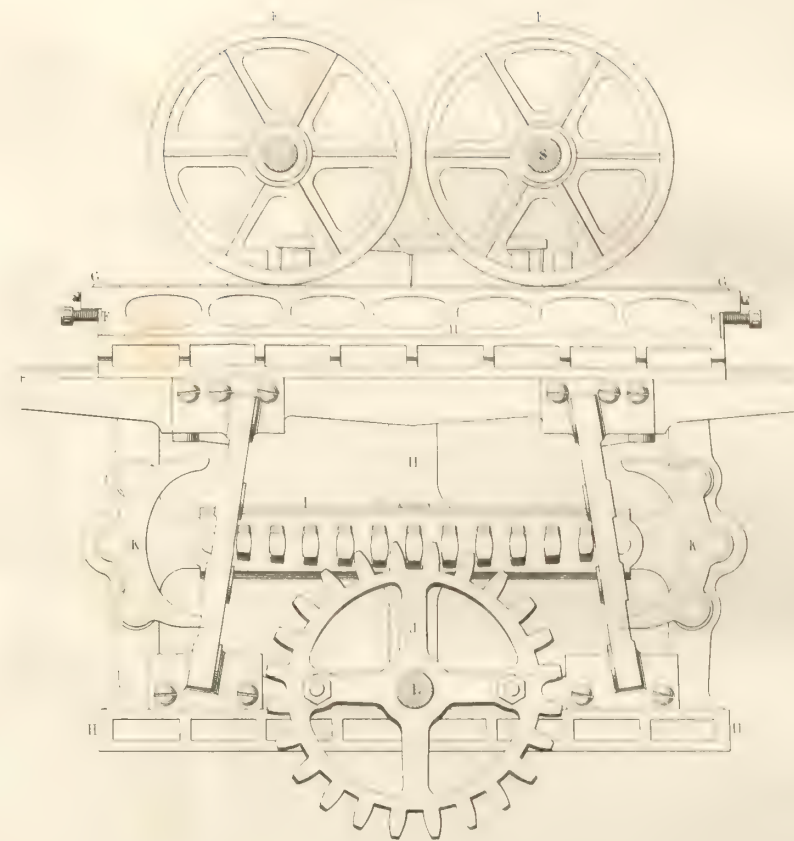
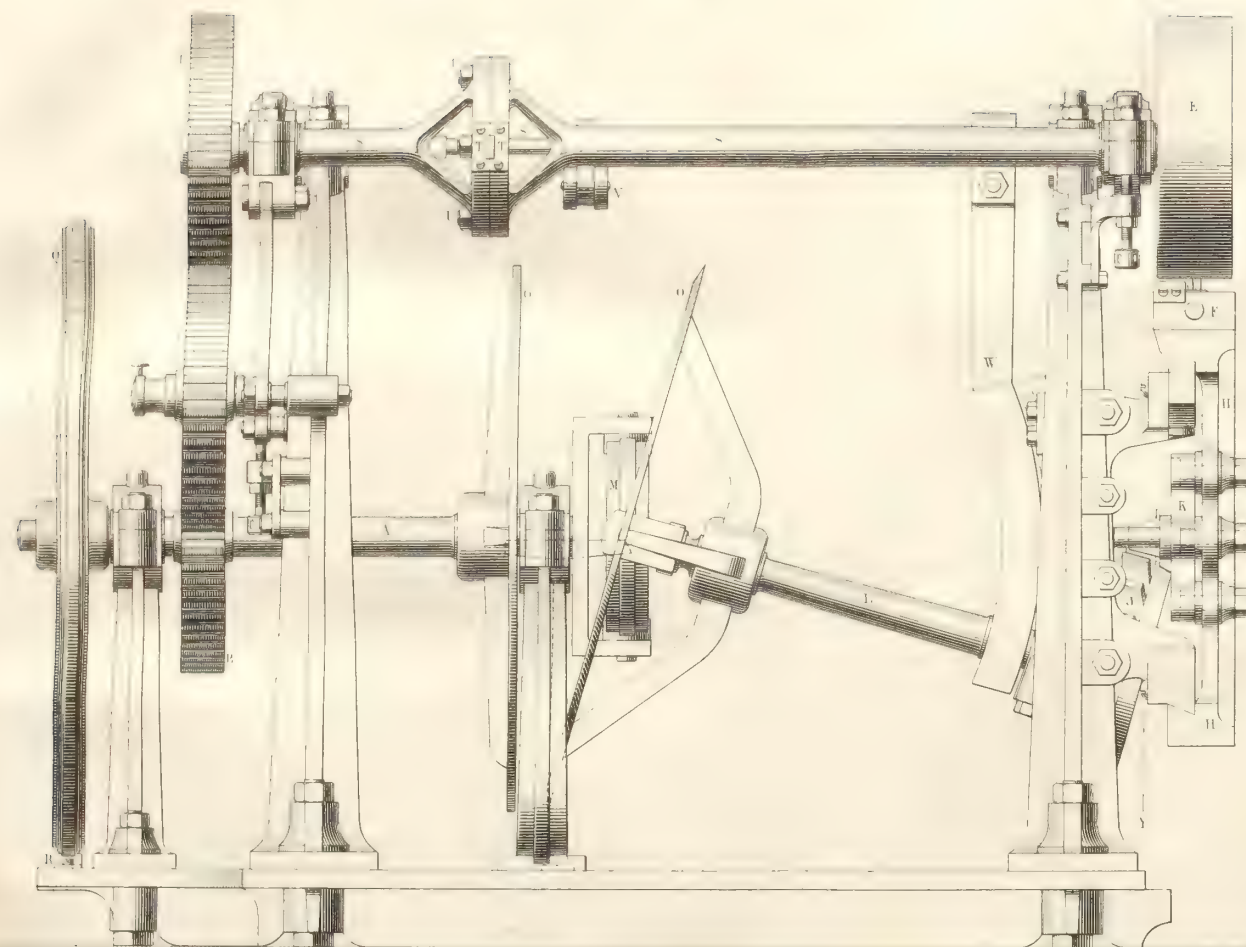


Fig 1

3

Fig 2



1.50 mètres

sion, par le défaut de concordance des divisions, défaut qui atteint son maximum quatre fois à chaque révolution.

Le perfectionnement de M. Normand est surtout précieux pour les machines les plus étroites, celles à format simple par exemple, parce que la longueur de l'arbre commandé par le joint de Cardan est alors moindre, et que, par conséquent, son inclinaison, pour un pignon de diamètre donné, est plus grande. Dans l'état actuel des choses, les constructeurs sont conduits, pour gagner un peu de longueur, à déplacer latéralement le plan de la crémaillère, ce qui ne peut avoir lieu qu'à la condition de déterminer sur les glissières un effort transversal, et par conséquent une plus grande résistance.

En dehors de la machine même pour laquelle elle a été imaginée, la disposition de M. Normand constitue un organe de transmission nouveau, qui permettra d'employer le joint de Cardan dans des conditions qui l'excluaient jusqu'ici, à cause des inégalités qui en étaient inséparables. Quant à l'excentricité de la courbe pratique qui remplace la forme circulaire du pignon, elle est toujours si faible, quelques millimètres à peine, qu'elle ne saurait présenter aucun inconvénient dans la pratique, ni aucune difficulté sérieuse d'exécution.

Votre comité vous propose, Messieurs, de donner votre approbation à la nouvelle combinaison mécanique imaginée par M. Normand, et appliquée par lui au perfectionnement des presses typographiques françaises. Vous voudrez bien décider que des remerciements soient adressés à l'inventeur, et que le présent rapport soit inséré dans le *Bulletin* de la Société, avec les figures qui l'accompagnent.

Signé H. TRESCA, rapporteur.

Approuvé en séance, le 26 mars 1862.

LÉGENDE DE LA PLANCHE 267 REPRÉSENTANT LE NOUVEL ORGANE DE TRANSMISSION
DE M. NORMAND.

La planche 267 représente le modèle que M. Normand avait envoyé à Londres à l'Exposition universelle de 1862, et dans lequel il a reproduit, à une réduction de $\frac{1}{3}$, tous les organes de la double transmission ordinaire.

Fig. 1. Élévation de l'appareil dans un plan vertical parallèle à l'arbre moteur.

Fig. 2. Section verticale partielle suivant la ligne X Y de la figure 1.

A, arbre moteur principal.

B, premier pignon circulaire calé sur l'arbre A.

C, second pignon calé sur un arbre intermédiaire.

D, troisième pignon monté sur l'arbre du premier cylindre de pression, et derrière

lequel se projette le quatrième pignon conduisant l'arbre du deuxième cylindre.

E, E, cylindres de pression.

F, marbre qui reçoit les caractères.

G, bande de cuir ou sangle appelée *support*.

H, châssis mobile portant le marbre et servant à maintenir et fixer les caractères.

I, crémaillère (fig. 2) fixée au châssis H; on remarquera que, à partir des extrémités et jusqu'au milieu de cette crémaillère, les dents augmentent progressivement de longueur à leur partie inférieure, en sorte que l'ensemble de la denture forme dans le bas une ligne courbe, tandis que dans le haut elle présente une ligne droite comme dans les presses ordinaires : c'est là ce qui constitue une partie des nouvelles dispositions imaginées par M. Normand. Dans les applications directes aux nouvelles presses, cette crémaillère doit être curviligne en dessus comme en dessous, et, si M. Normand ne lui a pas donné cette forme dans son modèle, c'est pour mieux faire saisir les différences qui existent entre l'ancien et le nouveau système.

J, pignon conduisant la crémaillère en engrenant tantôt en dessus et tantôt en dessous. De même que la crémaillère, il présente l'ancienne et la nouvelle disposition (fig. 2), c'est-à-dire que sa demi-circonférence supérieure est ovale, tandis que la demi-circonférence inférieure est circulaire. Ainsi que le dit le rapport, ce modèle réduit présente ces deux dispositions afin qu'on puisse imprimer simultanément avec les nouveaux et les anciens organes, et juger par là de la différence de netteté des épreuves.

K, guides circulaires ou croissants fixés au châssis H, et servant au passage alternatif du pignon J au-dessus et au-dessous de la crémaillère.

L, arbre portant le pignon J qui conduit la crémaillère.

M, joint de Cardan reliant l'arbre L à l'arbre A qui le commande (fig. 1).

N, repère à aiguilles (fig. 2) servant à indiquer la concordance ou la différence qui existe entre les vitesses de marche du marbre et des cylindres, suivant que la crémaillère est conduite par la partie ovale ou par la partie circulaire du pignon J. A cet effet, la circonférence du cylindre conduit par le pignon D est partagée en 24 parties égales, et la table porte une division correspondante graduée en parties égales.

O, O, limbes gradués (fig. 1), respectivement solidaires des arbres A et L et ayant un rayon double de celui des cylindres E; leur graduation contient 24 divisions de 15 degrés chacune, et à l'aide du double repère P il est facile de saisir, pour chaque rotation de 15 degrés, le point de départ de la discordance qui existe entre les vitesses de la table et des cylindres lorsque la première est conduite par la partie circulaire du pignon J.

P, double repère composé d'une lame horizontale terminée à ses deux extrémités par deux retours à angle droit, qui saisissent les deux limbes tout en leur permettant de tourner avec les arbres qui les portent; ce repère est indiqué seulement en ponctué sur la figure 1, parce qu'il est placé dans le plan vertical opposé à celui de cette figure.

Q est un volant dont la couronne est divisée par de petites encoches en 24 parties

égales, de façon à permettre, pour la démonstration, de faire tourner exactement l'arbre A de 15° ou de multiples de ce nombre.

R, lame de ressort fixée, sous le volant, à la table horizontale du bâti de l'appareil et portant un petit cliquet qui arrête le volant par ses encoches.

S, arbre conducteur du premier cylindre E; il est composé de deux parties de même diamètre et d'une partie intermédiaire plus mince S', sur laquelle se concentre la torsion lorsque l'appareil fonctionne dans les conditions ordinaires de marche et sans les améliorations qui y ont été apportées.

T, T, limbes gradués montés sur les deux parties de même diamètre de l'arbre S et servant, par le défaut de concordance des divisions, à indiquer le degré de torsion supporté par la partie S' de cet arbre; pour obtenir cette indication, les vis d'assemblage U doivent être desserrées.

V, galet servant de support à l'arbre S lorsque les limbes T sont desserrés.

W, fourchette ou guide incliné pour le soulèvement alternatif des cylindres.

(M.)

GRAVURE ÉLECTRIQUE.

RAPPORT fait par M. le comte TH. DU MONCEL, au nom du comité des arts économiques, sur la MACHINE A GRAVER ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE de M. GAIFFE.

Messieurs, l'impression des étoffes s'opère, comme vous le savez, à l'aide de rouleaux de cuivre sur lesquels sont gravés les dessins qui doivent être reproduits. Le plus souvent ces dessins consistent dans des fleurons ou ornements plus ou moins grands, plus ou moins compliqués, plus ou moins enchevêtrés les uns dans les autres, mais qui se répètent symétriquement d'une manière ou d'une autre, une ou plusieurs fois, soit sur la longueur du cylindre, soit sur le développement de sa surface. Quand ces fleurons ou ornements sont de très-petites dimensions, on peut, à l'aide du procédé du poinçon et de la molette, les reproduire d'un seul coup sur la planche cylindrique aussi souvent qu'il est nécessaire, et en faire varier à volonté le groupement et la disposition; mais avec des ornements d'un dessin un peu grand et un peu capricieux, et dans les cas où la gravure à la main est exigée, il était désirable qu'on pût trouver un système simple et économique qui dispensât de l'intervention du graveur. C'est ce problème qu'a résolu M. Gaiffe. Cet inventeur, de son métier graveur pour étoffes, a recherché si l'électricité, si docile à produire des effets multiples sous l'in-

fluence d'une même action mécanique, pourrait lui fournir les bras qui lui manqueraient pour exécuter d'un même coup tous les ornements destinés à couvrir ses cylindres. Il y est arrivé de la manière la plus heureuse en employant, comme organes graveurs, des électro-aimants ayant leur armature munie d'une pointe de diamant.

De pareils électro-aimants, en effet, disposés les uns à côté des autres devant le cylindre à graver recouvert de vernis pouvaient, en attirant ou en repoussant leur armature, abaisser, sous une influence électrique facile à diriger, la pointe de diamant sur le cylindre et donner lieu en temps opportun, si un mouvement lent de rotation était communiqué au cylindre, à des hachures dont la longueur devait dépendre de la durée de fermeture du courant électrique, et dont le rapprochement et la multiplicité pouvaient constituer des surfaces plus ou moins capricieusement découpées. Tel est le principe sur lequel M. Gaiffe a établi la machine qu'il vous a présentée.

Cette machine, disposée comme un tour, se compose de trois parties distinctes : 1° d'un mécanisme moteur ; 2° d'un système électro-magnétique ; 3° d'un distributeur électrique.

La première partie consiste dans un système de rouages, qui a pour effet de faire tourner d'un mouvement excessivement lent le cylindre placé horizontalement sur ses tourillons et de faire avancer, à chaque tour de ce cylindre, le support du système électro-magnétique, d'une quantité très-minime ($\frac{1}{4}$ de millimètre tout au plus). Un moteur électro-magnétique, en raison de la lenteur du mouvement du cylindre, suffit parfaitement pour mettre ce système en mouvement aussi bien que les autres pièces de la machine.

Le système électro-magnétique se compose d'un support rectangulaire allongé et mobile sur lequel sont fixés 12 électro-aimants boiteux, disposés de manière que leur armature articulée sur la branche sans bobine puisse osciller dans un plan vertical normal à l'axe du cylindre. Cette armature porte un levier qui, lui-même, est muni du porte-diamant et d'une tige sur laquelle agit le ressort antagoniste destiné à pousser le diamant contre le cylindre, au moment de la rupture du courant à travers l'électro-aimant. Tous ces électro-aimants admirablement construits par M. Froment, sont échelonnés les uns à la suite des autres devant le cylindre et peuvent être animés deux à deux, trois à trois, quatre à quatre, etc., par le courant, suivant la disposition du dessin sur le distributeur. Il résulte de cette disposition que, quand le support sur lequel sont fixés ces électro-aimants se trouve déplacé à chaque tour accompli par le cylindre, les traces laissées par les pointes de diamant peuvent se placer parallèlement les unes à côté des autres et, en raison de

leur très-grand rapprochement, découvrir le vernis sur une surface aussi grande qu'on peut le désirer.

Le distributeur électrique, placé à côté du système précédent, se compose essentiellement d'un cylindre relié au mécanisme moteur, sur lequel est gravé en creux le dessin qu'il s'agit de reproduire en plusieurs exemplaires sur le grand cylindre. Deux aiguilles de platine portées par deux pièces mobiles (dans des coulisses) en rapport avec la pile et placées en regard l'une de l'autre appuient sur ce cylindre et sont reliées, l'une aux électro-aimants qui doivent servir à reproduire le nombre de fois voulu le dessin dans la longueur du cylindre, l'autre aux électro-aimants qui doivent le fournir sur une seconde rangée dans une position alternée. Comme ces aiguilles peuvent être éloignées plus ou moins l'une de l'autre et que le cylindre commutateur tourne exactement avec la même vitesse que le cylindre à graver, les rangées de dessins peuvent être plus ou moins espacées suivant qu'on le juge convenable. Enfin un mécanisme particulier fait avancer les supports de ces aiguilles de la même quantité que les électro-aimants, à chaque révolution du cylindre commutateur.

Avec cette disposition le jeu de l'appareil se comprend parfaitement. Quand les aiguilles de platine du distributeur appuient sur le métal du cylindre commutateur, le courant est fermé à travers les électro-aimants et aucun trait n'est marqué sur le cylindre qu'il s'agit de graver; mais sitôt que ces aiguilles ne sont plus en contact métallique avec le cylindre commutateur, les armatures des électro-aimants s'abaissent et laissent des traces plus ou moins longues, suivant le temps plus ou moins prolongé que cette absence de contact a duré. A chaque révolution du cylindre, il y a donc une série de traits gravés par les différents électro-aimants, et ces traits représentent, en différents points du grand cylindre, une petite fraction du dessin qu'il s'agit de graver; de sorte qu'après une série de révolutions tous ces traits juxtaposés à une distance de $\frac{1}{4}$ de millimètre les uns des autres finissent par dessiner des surfaces ombrées, des contours et finalement des dessins alternés qui sont tous la reproduction exacte du dessin original. On ne peut se figurer, sans l'avoir vue, la perfection de ce mode de reproduction.

Quand la gravure du cylindre est ainsi effectuée sur le vernis, M. Gaiffe la grave par des moyens galvanoplastiques, c'est-à-dire en faisant du cylindre l'électrode soluble d'un électrolyse à solution de sulfate de cuivre. Par ce système la morsure du métal est droite, nette et peut être très-profonde.

M. Gaiffe, au lieu d'employer pour cylindre commutateur un cylindre de cuivre gravé au burin, aurait pu se servir d'une feuille de papier argenté sur

laquelle le dessin aurait été seulement reproduit à l'encre, et qu'il aurait collée sur un cylindre uni ; mais les nombreux inconvénients qu'on a rencontrés avec un système de ce genre dans les métiers de tissage électrique ont effrayé M. Gaiffe, et il a mieux aimé avoir recours à un procédé sans doute plus dispendieux, mais beaucoup plus sûr selon lui. La commission pense pourtant que, devant les résultats qui ont été obtenus par M. Caselli avec son télégraphe autographique, les craintes de M. Gaiffe pourraient être un peu exagérées, et que cet artiste pourrait donner sans crainte à son invention plus de relief, en ne montrant pas la gravure préalable d'un cylindre commutateur comme une condition indispensable du succès de son appareil.

Quoi qu'il en soit, le comité des arts économiques a admiré beaucoup la manière ingénieuse dont M. Gaiffe a résolu le problème de la gravure électrique des rouleaux d'impression des étoffes, et a constaté par lui-même la délicatesse de reproduction des dessins ; en conséquence, il vous prie, Messieurs, de vouloir bien décider,

1° Que des remerciements soient adressés à M. Gaiffe pour son intéressante communication ;

2° Que le présent rapport soit inséré au *Bulletin*.

Signé TH. DU MONCEL, rapporteur.

Approuvé en séance, le 15 janvier 1862.

ARTS ÉCONOMIQUES.

RAPPORT fait par M. DUCHESNE, au nom du comité des arts économiques, sur l'ÉNUCLOIR DE FRUITS A NOYAUX présenté par M. le docteur IDRAC, à Toulouse.

Messieurs, économiser le temps que l'on met à la préparation de certains aliments et faire le même travail beaucoup mieux et avec une grande propreté, tel est le but que s'est proposé le docteur Idrac en inventant l'instrument nouveau présenté à la Société d'encouragement sous le nom d'*énucloir de fruits à noyaux*.

Au moyen de cet instrument très-simple et assez résistant pour être mis entre les mains des domestiques, on parvient à enlever, avec une grande facilité, les noyaux des olives, des cerises, des guignes, des jujubes, des prunes de mirabelle, etc.

Il va sans dire que la dimension des appareils sera relative à celle des fruits à énucléer.

On voit donc, de suite, les nombreuses applications que l'on peut en faire chez les confiseurs, les pâtissiers, les traiteurs, et dans tous les ménages pour la préparation des confitures, des conserves et de certains mets qui exigent préalablement l'enlèvement des noyaux de fruits.

Le jeu de l'appareil consiste à placer les olives, par exemple, verticalement dans la cavité qui est au centre de la pièce inférieure dite *cupule*, de manière que le point où s'attache la queue du fruit soit en dessous et l'extrémité opposée en haut, puis de presser fortement et rapidement sur le piston avec le plat de la main, en maintenant la base de l'appareil avec l'autre main. On obtient ainsi le dégagement instantané du noyau parfaitement dépouillé du sarcocarpe, comme s'il avait été adroitement détaché avec un couteau.

Cette petite opération se fait sans altérer ou déformer le moins du monde le fruit, qui reste entièrement intact et suspendu à la broche du piston d'où on le retire en le tirant vers le bas.

Les guignes et les cerises se placent dans la cupule d'une manière inverse, c'est-à-dire qu'on doit mettre en haut le point où s'attache la queue.

Pour les prunes de mirabelle, qui sont quelquefois d'un assez fort volume, il faudra établir des cupules de rechange qui seront plus évasées et dont la force sera calculée sur la grosseur du fruit.

La partie essentielle de cet instrument, celle qu'il a été le plus difficile d'approprier à son usage, est la cupule, qui est en tôle d'acier fondu et étamée. Sa résistance a été bien calculée et bien étudiée. Avec des cupules plus élastiques, le fruit se serait mal énucléé, et le fruit aurait pu passer à travers la cupule tout meurtri et sans être dépouillé de son noyau. Avec les perfectionnements apportés par l'auteur, cet inconvénient n'est plus à craindre, et cet instrument, dont le mode d'action, je le répète, est de la dernière simplicité, peut être mis sans crainte entre les mains des personnes les moins intelligentes.

Cet appareil offre deux avantages essentiels : 1° la propreté, puisqu'on ne manie presque plus le fruit comme par le procédé ordinaire, qui consiste, pour les olives, à tourner les fruits avec un couteau, ce qui en altère la forme ; 2° l'économie de temps, puisqu'un quart d'heure suffit pour l'énucléation de 500 grammes d'olives au lieu d'une heure ou une heure et demie qui sont nécessaires par le procédé du tournage.

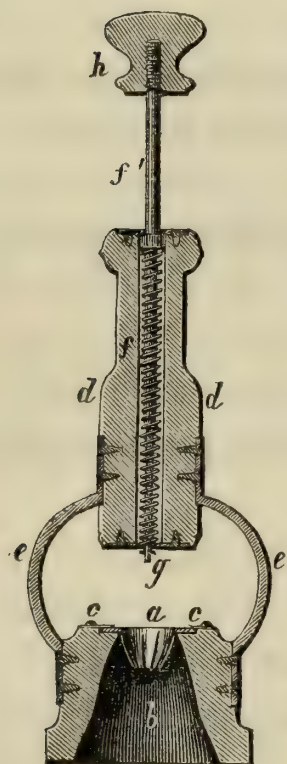
Votre comité des arts économiques, satisfait des nombreuses expériences qui ont été faites devant lui de l'énucloir du docteur Idrac, a l'honneur de vous proposer, Messieurs,

- 1° De remercier le docteur Idrac de son intéressante communication ;
- 2° D'insérer le présent rapport au *Bulletin* ;
- 3° De placer dans le texte un dessin sur bois de l'appareil accompagné de la légende explicative.

Signé DUCHESNE, rapporteur.

Approuvé en séance, le 19 novembre 1862.

LÉGENDE DE L'INSTRUMENT, DIT ÉNUCLOIR, IMAGINÉ PAR M. LE DOCTEUR IDRAC.



Échelle au 1/4.

La figure ci-contre représente l'instrument en section verticale passant par l'axe.

a, cupule en acier fondu et étamé, dans laquelle se place le fruit à énucléer ; elle se compose d'une cavité de forme semi-ovoïde, portant plusieurs fentes longitudinales destinées à lui donner une certaine élasticité et munie, à son sommet, d'une ouverture par où passe le noyau chassé du fruit ; elle se replie vers le haut en un bord plat circulaire qui sert à la maintenir en place.

b, tasseau creux en bois, à surface intérieure conique et au centre duquel est placée la cupule qui s'y maintient par son rebord circulaire.

c, c, petites pattes vissées sur le tasseau *b*, et appuyant sur le rebord de la cupule pour l'empêcher de tourner.

d, cylindre en bois maintenu verticalement au-dessus du tasseau *b*, de telle sorte que son axe passe par le sommet de la cupule.

e, e, supports métalliques en forme d'anses, vissés d'une part au tasseau et de l'autre au cylindre qu'ils maintiennent ainsi dans une position rigide.

f f', piston glissant dans le cylindre *d* et opérant la perforation du fruit pour en chasser le noyau ; ce n'est autre qu'une tige en fer étamé ayant trois diamètres différents, sur des longueurs à peu près égales : ainsi la partie supérieure *f'*, qui sort du cylindre, a le diamètre le plus fort, et la partie inférieure est la plus mince. Un ressort à boudin enveloppe cette dernière ainsi que la partie intermédiaire *f*, et prend son point d'appui contre une embase ou renflement placé aux $\frac{2}{3}$ environ de la hauteur du piston ; ce ressort a pour effet de relever immédiatement la tige dès qu'elle a frappé le fruit. Les ouvertures supérieure et inférieure du cylindre *d*

sont fermées par des rondelles métalliques, parfaitement ajustées à fleur du bois et fixées chacune par trois vis; percées d'un trou de diamètre presque égal à celui de la partie de la tige qu'elles doivent laisser passer, ces rondelles servent à arrêter la tige dans sa course descendante qui est limitée à l'origine de la partie intermédiaire f , et dans sa course ascendante qui finit au moment où l'embase de la partie f' vient toucher la rondelle supérieure.

g , petite goupille traversant, à angle droit, la partie inférieure de la tige ff' qui est terminée par une surface concave; il résulte de cette disposition que le fruit est d'abord percé circulairement par la tige qui en enlève une section égale à la sienne, puis il est presque en même temps fendu par la goupille qui aide à détacher le noyau.

h , bouton de bois vissé en haut de la tige ff' et sur lequel, lorsqu'on veut opérer, on donne un coup sec avec le plat de la main. (M.)

RAPPORT fait par M. SILBERMANN, au nom du comité des arts économiques, sur les travaux de M. DARTMANN relatifs à la COUPE DES VÊTEMENTS.

Messieurs, vous avez chargé votre comité des arts économiques de vous faire un rapport sur les travaux que M. Dartmann vous a soumis concernant l'art du tailleur. Dans ces ouvrages figurent un assez grand nombre de dessins établis d'après les proportions normales du corps humain, ainsi que les principes géométriques qu'il a su en tirer pour enseigner comment on parvient à tracer et couper toutes sortes de vêtements.

M. Dartmann a pensé qu'il serait utile de compléter ses travaux par la confection d'un mannequin habillé d'une seule pièce, et par un tableau-patron qui s'y rapportât, accompagné de différents accessoires représentés d'après les mêmes principes. En examinant avec attention ces intéressants spécimens, on ne tarde pas à se faire une juste idée du système invariable qui a permis à l'auteur d'exécuter d'une seule pièce un habillement aussi complet.

Sans entrer ici dans le détail des opérations de tracé et de coupe qu'accomplit M. Dartmann pour confectionner des vêtements quelconques d'après les principes dont il a doté sa profession, nous devons, pour vous initier en quelque sorte à sa méthode, vous faire remarquer que ces principes sont en partie empruntés à ceux de la science, notamment à ceux de la géométrie, et qu'ils s'appliquent aux différences de stature et de grosseur du corps humain, quelles que soient les variétés et bizarreries que la mode ou la fantaisie puisse introduire dans les formes de tous vêtements. C'est cette

fixité de principes, puisés à des sources certaines et fécondes en résultats, qui a permis à votre comité de motiver en termes généraux son opinion sur l'incontestable utilité du système normal de tracé et de coupe qu'a imaginé M. Dartmann en le basant sur une règle unique, radicale, hors de laquelle la coupe des vêtements n'est qu'une routine.

Certes, il n'offre point comme modèle d'habillement celui dont il a complètement vêtu son mannequin, mais il le présente comme un élément d'étude, un exemple d'essais pratiques.

Lorsque, par une longue expérience, M. Dartmann eut acquis l'intime conviction que la méthode qu'il avait imaginée était réellement la seule véritable, il commença à la professer, et jugea dès lors nécessaire de la propager par tous les moyens en son pouvoir, pour la substituer aux différentes pratiques de la routine.

A cet effet, il publia en 1824 une première édition de son *Manuel du tailleur* ;

En 1828, il en publia une seconde, mais en langue allemande ;

En 1837, il fit paraître un ouvrage ayant pour titre, *Tomestéchnie*, ou *l'Art de la coupe des vêtements*.

En 1835, il participa à un concours qui s'ouvrait au Ministère de la marine pour introduire de notables et économiques améliorations dans la coupe et les formes de l'habillement de tout le personnel de la marine. Après différentes épreuves, où, avec moins d'étoffe que n'en avaient employé ses concurrents, il produisit les vêtements les plus amples, les plus commodes et les mieux appropriés aux diverses tailles, il sortit victorieux de ce concours, et reçut aussitôt la commande de tous les modèles et patrons que l'application de son système rendait indispensables dans les ateliers de tailleurs de toutes les villes maritimes où devaient s'effectuer les modifications officiellement adoptées. L'excellence de sa méthode se recommandait par une économie extraordinaire : en effet, quoique alors elle ne fût évaluée ni pour les habillements du corps d'officiers, ni pour les vêtements en usage dans les hôpitaux et les bagnes, il fut manifestement constaté que l'économie essentielle ou principale qui résultait de son importante innovation était de 6 francs par mousse, de 8 francs par marin, et de 12 francs par maître. On voit tout d'abord que cette économie, calculée pour tout le personnel de la marine, devait incontestablement s'élever à une somme considérable.

Plus tard, après avoir fait au Ministère de la guerre la proposition d'introduire, dans l'uniforme des troupes de terre, des réformes analogues à celles qu'il avait effectuées pour la marine, il procéda, sur commande, aux

diverses modifications que l'habillement de l'infanterie de ligne paraissait alors susceptible de recevoir, et l'économie qui résulta de son entreprise fut encore évaluée en moyenne, par homme et par habit seulement, à 8, 10 et 12 fr., selon les grades, ce qui produisit, pour cette arme spéciale, un total de 225,000 francs.

En passant succinctement en revue ces détails exacts et connexes, votre comité croit avoir suffisamment indiqué tout l'intérêt qu'offrent les divers ouvrages, tant imprimés que manuscrits, de M. Dartmann. En conséquence, il vous propose d'adresser des remerciements à M. Dartmann et d'insérer le présent rapport dans votre *Bulletin*.

Signé SILBERMANN, rapporteur.

Approuvé en séance, le 11 mars 1863.

AGRICULTURE.

RAPPORT fait par M. DAILLY, au nom du comité d'agriculture, sur un MODE DE JONCTION DE TUYAUX POUR LES IRRIGATIONS, présenté par M. CABIEU, ingénieur-géologue.

Messieurs, vous avez renvoyé à l'examen de votre comité d'agriculture une note sur les irrigations et les conduites d'eau présentée par M. Cabieu à la Société d'encouragement dans sa séance du 12 mars 1862.

M. Cabieu s'est proposé d'arriver à établir des conduites d'eau économiques, en faisant emploi de tuyaux de drainage qu'il soude entre eux à l'aide d'un mastic formé de gutta-percha, de sable, de benzine et d'huile de pétrole, pour lequel il a pris un brevet d'invention.

M. Cabieu a présenté, avec sa note, deux tuyaux de drainage dont les extrémités étaient façonnées en biseaux. Il arrive à donner cette forme aux tuyaux, avant leur cuisson, au moyen d'un mandrin sur lequel il adapte un couteau incliné, en enlevant à chaque tuyau, à l'une de ses extrémités, le bord extérieur, et à l'autre le bord intérieur. Chacun des tuyaux présentés par M. Cabieu porte ainsi un bout mâle et un bout femelle.

M. Cabieu conseille de soumettre à une longue cuisson les tuyaux de drainage que l'on veut employer pour des conduites d'eau; puis, de leur

appliquer un vernissage intérieur, et de leur faire subir ensuite une seconde cuisson. Il enduit alors de son mastic l'intérieur du bout femelle de ses tuyaux, qu'il soude seulement entre eux au moment de leur pose. Pour faire cette opération, M. Cabieu place un premier tuyau au fond d'une tranchée à laquelle il donne la forme d'un V; et, après avoir chauffé à un réchaud portatif le bout du tuyau qui n'est pas enduit de mastic, il l'introduit dans le bout, garni à l'avance de mastic, de l'autre tuyau, en le pressant légèrement avec le pied, afin de maintenir les deux bouts en contact.

M. Cabieu annonce que son mastic peut servir à souder non-seulement la terre cuite, mais aussi le fer, la fonte et le carton.

Notre confrère M. Tresca a bien voulu s'assurer de la ténacité et de l'imperméabilité du mastic de M. Cabieu, par des expériences opérées par lui au Conservatoire des arts et métiers, et dont il m'a fait part par sa lettre du 9 août dernier.

Il a, à cet effet, collé ensemble deux bouts de tuyaux en fonte, à emboîtement, puis un dernier bout au tuyau en terre également entré dans l'emboîtement de la fonte. Ce tuyau avait été cassé transversalement en deux morceaux, et collé avec le même mastic qui avait servi aux deux premiers joints. Il a soumis cet assemblage à une pression de 15 mètres d'eau, et les joints ont parfaitement résisté, sans présenter de fuites sur aucun point. Il a ensuite cassé le tuyau en terre, et il s'est assuré, par la ténacité du collage, que le mastic était parfaitement adhérent.

Dans une seconde expérience, M. Cabieu a soudé devant M. Tresca un tuyau en terre, bien que les bouts assemblés fussent simplement façonnés en biseaux. M. Tresca déclare que la réunion s'est faite parfaitement, et qu'elle lui a paru très-résistante.

M. Tresca a de plus enduit de mastic une broche en bois de diamètre convenable, pour entrer librement dans un tuyau de fonte de 4 centimètres de diamètre. Il a fait pénétrer cette broche chaude dans le tuyau également chauffé sur une longueur de 2 centimètres seulement. La soudure a paru parfaite à M. Tresca; elle n'a rompu, après une demi-heure environ, que sous l'action d'une charge de 368 kilog. supportée par la broche introduite dans le tuyau qui avait été suspendu verticalement au-dessous d'un point fixe. Cette charge correspond à environ 15 kilog. par centimètre carré de surface soudée, ce qui a paru à M. Tresca une preuve que la soudure était complète et parfaitement solide.

Les expériences faites par M. Tresca ont été, vous le voyez, favorables au mastic de M. Cabieu.

Je n'ai pu malheureusement arriver à obtenir de M. Cabieu des renseignements sur le prix de son mastic, et je ne connais aucune application ayant pu en être faite pour la soudure de tuyaux en poterie employés pour conduite d'eau d'une certaine étendue.

Je pense qu'il y a lieu de remercier M. Cabieu de sa communication, et de lui demander de tenir la Société d'encouragement au courant des applications qui pourront être faites de son système de soudure.

Signé A. DAILLY, rapporteur.

Approuvé en séance, le 21 janvier 1863.

ALLUMETTES CHIMIQUES.

RAPPORT SUR UNE PÉTITION DES COMPAGNIES D'ASSURANCE RELATIVE A UNE DEMANDE D'INTERDICTION DE LA FABRICATION DES ALLUMETTES CHIMIQUES A PATE DE PHOSPHORE ORDINAIRE, PRÉSENTÉ AU SÉNAT PAR M. DUMAS.

Messieurs les sénateurs, les directeurs de douze sociétés d'assurances mutuelles contre l'incendie demandent au Sénat d'appuyer auprès du gouvernement un vœu qu'ils lui ont adressé pour en obtenir l'interdiction de la fabrication et de la vente des allumettes chimiques actuelles, qui, étant préparées au moyen d'une pâte à base de phosphore ordinaire, sont trop aisément inflammables par le seul frottement.

La première commission des pétitions vient appuyer ce vœu.

En effet, les fabricants des allumettes chimiques phosphorées actuelles, de l'avis de tous les hommes compétents, ont poussé jusqu'à l'abus l'application des données scientifiques à la satisfaction de ce qui est à présent une fantaisie et non un véritable besoin.

Dès l'exposition de 1854, le jury de chimie s'en inquiétait à Londres; en 1855, ce même jury examinait très-attentivement, à Paris, la question qui nous est posée, et tout en accordant des récompenses aux fabricants des allumettes chimiques phosphorées, tout en les défendant au nom de la liberté de l'industrie, il cherchait, par une discussion sérieuse, à diriger cette industrie vers d'autres voies, ou plutôt à la ramener à ses meilleures pratiques.

Lorsque les procédés chimiques intervinrent pour la première fois dans la fabrication des briquets usuels, les moyens dont on fit usage pour faire éclater la flamme exigeaient, on s'en souvient, la réunion ou le contact volon-

tairement opéré de deux organes distincts et séparés : l'allumette et une substance isolée de celle-ci, phosphore en certains cas, acide sulfurique en d'autres. Le feu ne s'allumait donc que par suite d'une manœuvre réfléchie, qu'un accident ou un hasard ne pouvaient ni faire naître ni remplacer.

Les chimistes, obligés, par état, à se rendre compte, mieux que personne, des périls auxquels le maniement des matières inflammables expose, ont toujours considéré comme très-suspectes les allumettes actuelles qui prennent feu par le frottement seul et qui n'exigent ni que ce frottement soit bien vif ni qu'il soit opéré sur une surface rugueuse. Mais les allumettes chimiques à base de phosphore ont été signalées à l'administration publique comme méritant, par d'autres motifs, que la fabrication en fût exactement surveillée ou même prohibée.

A mesure que la science livre à la disposition de l'homme des éléments inconnus aux anciens et que la civilisation nouvelle en tire parti, la maladie et la mort, qui ne perdent pas leurs droits, prélèvent sur l'espèce humaine de nouveaux tributs. Aux maladies que le plomb et le mercure causent aux ouvriers qui manient ces métaux, sont venues se joindre d'autres affections de ce genre, et en particulier celle qu'occasionne le maniement du phosphore.

Il paraît constant que le contact habituel du phosphore cause la carie des os de la mâchoire, maladie insidieuse, toujours grave, souvent mortelle.

Les cas très-nombreux dans lesquels cette carie a été constatée parmi les ouvriers employés soit à la fabrication de la pâte phosphorée qui fait la base des allumettes chimiques, soit et surtout à l'opération connue sous le nom de *chimicage* qui consiste à enduire l'extrémité des allumettes de la dose nécessaire de pâte inflammable, ont appelé l'attention de l'autorité publique en Allemagne et en France.

A ce titre, on s'est demandé si cette fabrication pouvait être tolérée et s'il suffisait de la surveiller ; mais aucune décision n'a encore été prise.

Les allumettes chimiques à base de phosphore ordinaire ont été signalées, en outre, comme offrant un autre péril pour la société. Le phosphore qu'elles renferment est l'un des plus dangereux poisons. Or elles se disséminent dans toutes les familles et peuvent y devenir ainsi l'occasion de malheurs regrettables, ou même l'instrument de crimes dont leur présence aura peut-être inspiré la pensée.

A ce titre encore on s'est demandé de nouveau si la vente des allumettes chimiques ne devrait pas être interdite, et si la profusion avec laquelle elles se répandent n'était pas un danger public. Cependant rien n'a été résolu.

Enfin les allumettes chimiques ont un troisième et très-sérieux inconvé-

nient. Elles sont trop aisément inflammables par le frottement ; elles deviennent l'occasion d'incendies accidentels, soit spontanés, soit causés par l'imprudence des jeunes enfants ou des femmes ; elles déterminent souvent des brûlures dangereuses ou mortelles, provenant de l'inflammation des vêtements. La malveillance y trouve, pour ses mauvais desseins, un instrument d'un emploi facile, instrument dont la possession s'explique naturellement cependant, et que rien n'autorise à suspecter.

C'est sous ce dernier rapport que le danger des allumettes chimiques est signalé au Sénat par les compagnies d'assurances mutuelles contre l'incendie.

Votre commission ne s'est pas contentée de l'assertion qu'elle rencontrait dans la pétition dont l'examen lui était confié et qui est conçue en ces termes : « Sur quarante mille incendies qui désolent annuellement la France, un quart au moins est dû soit à l'inflammation accidentelle des allumettes chimiques, soit à la trop grande facilité de leur emploi. » Il lui a paru qu'il fallait que cette assertion fût contrôlée, et elle a demandé aux pétitionnaires de lui dire sur quels faits ils l'appuyaient. De son côté, elle a réuni d'autres informations. Voici les résultats de cette sorte d'enquête officieuse :

Consignons d'abord, mais sans la garantir, l'assertion contenue dans l'une des lettres adressées à la commission par les directeurs de ces compagnies, et de laquelle il résulterait que les incendies accidentels ont triplé en nombre au moins, dans toute l'étendue de la France, depuis l'emploi général des allumettes actuelles.

Sans contester l'exactitude de ce chiffre, la commission pense qu'une enquête minutieuse, que le gouvernement seul peut effectuer, serait nécessaire pour déterminer quel était autrefois et quel est maintenant le nombre exact des incendies vraiment accidentels dans le pays.

A défaut de ce renseignement complet, qui serait décisif, nous avons cherché à nous éclairer par l'étude de quelques documents puisés à des sources moins étendues.

Dans le département du Haut-Rhin, où on a pu dresser, à notre demande, une statistique des incendies étendue et très-bien faite, on trouve qu'en dix ans, de 1834 à 1843, avant l'emploi général des allumettes chimiques, le nombre total des sinistres s'est élevé à 835, représentant 6,186,385 francs.

Mais, de 1852 à 1861, période de dix ans aussi, choisie à l'époque de l'emploi général des allumettes chimiques, le nombre des sinistres atteint 1,395, représentant une valeur de 14,357,344 francs.

Ainsi les pertes sont plus que doublées, et ce qui donne à ces chiffres une signification sérieuse et triste, c'est que le nombre des incendies causés par

les enfants s'est élevé, de l'une de ces périodes à l'autre, de 19 à 75; que les incendies à cause accidentelle se sont élevés de 101 à 175; enfin que le nombre des incendies causés par la malveillance s'est étendu de 119 à 149.

Quelle part convient-il de faire aux allumettes chimiques dans cet accroissement? Assurément, elle est grande.

La compagnie mutuelle d'assurance contre l'incendie de la Seine-Inférieure et de l'Eure a enregistré, dans l'espace de dix années, du 1^{er} janvier 1852 au 31 décembre 1861, un nombre de sinistres égal à 4,285, pour lesquels elle a dû rembourser 4,285,250 fr. Elle trouve que 820 de ces sinistres, représentant 1,032,252 fr., sont dus aux allumettes chimiques; une partie en est attribuée à la malveillance, le reste à des accidents. 212 d'entre ces incendies ont été causés par des enfants jouant avec des allumettes, et ont souvent amené la mort de leurs auteurs ou leur ont causé de graves blessures. Enfin on serait disposé à attribuer, en totalité ou pour la majeure partie, aux allumettes chimiques 727 incendies, représentant une valeur de 935,338 fr., dont la cause est restée inconnue.

Depuis dix ans, la société d'assurances mutuelles *la Rouennaise* a éprouvé 2,340 sinistres. Les inspecteurs de la compagnie pensent que les deux dixièmes en ont été occasionnés par les allumettes chimiques : un de ces dixièmes devant être attribué à des enfants, l'autre à la malveillance ou à l'imprudence. Les constatations manquant de rigueur, on trouve seulement sur les registres de la compagnie 461 incendies attribués aux allumettes chimiques, dont 78 accidents et 83 allumés par des enfants. Il y a eu mort des enfants dans deux de ces incendies.

La compagnie mutuelle de Seine et de Seine-et-Oise n'a pas pu établir une statistique exacte, mais elle considère comme certain que, si du nombre des incendies constatés on retranche les feux de cheminée et les incendies qui se déclarent dans les usines, plus de la moitié des autres est due aux allumettes chimiques.

La compagnie mutuelle *la Normandie* a payé 46 sinistres dans les trois années 1859, 1860, 1861, dont la cause a été, sans contestation, attribuée aux allumettes chimiques. Elle croit qu'il faut doubler ce nombre pour atteindre tous ceux qui ont cette origine. Elle estime donc à 30,000 fr. par an la perte qu'elle éprouve de ce chef, et à 3 millions celle qui serait subie annuellement par l'ensemble des compagnies d'assurances.

La compagnie mutuelle *l'Orléanaise* constate que, sur 1,200 incendies qui ont eu lieu en dix ans dans le département du Loiret, 527 ont pu être attribués aux allumettes chimiques, et que de ce nombre 138 ont été causés par des en-

fants. Le commissaire central va plus loin, et il déclare que dans le département, d'après son expérience personnelle, un quart seulement des incendies se rapporte à des causes diverses, et que les trois autres quarts doivent être attribués aux allumettes chimiques.

La société mutuelle d'assurances contre l'incendie, qui a son siège au Mans, et qui embrasse vingt départements, mais qui, en réalité, n'en exploite que cinq, compte en moyenne, dans ces derniers, 700 incendies par an, c'est-à-dire 7,000 pour dix années.

Sur ce dernier chiffre, le directeur en compte 840 attribués à des enfants jouant avec des allumettes chimiques, 1,050 occasionnés par des allumettes chimiques perdues ou jetées par les fumeurs, 700 par des malfaiteurs au moyen d'allumettes chimiques.

L'emploi trop étendu des allumettes chimiques lui semble seul propre à donner une explication satisfaisante de l'augmentation incontestable et inquiétante du nombre des incendies dans ces cinq départements.

M. Chevalier, membre de l'Académie de médecine, qui a fait une étude suivie de tous les accidents auxquels l'usage des allumettes chimiques donne lieu, a complété, à notre demande, les renseignements relatifs à la ville de Paris, qu'il avait publiés pour les années antérieures à 1853.

De 1840 à 1858, on y compte, en moyenne, 8 incendies par an causés par les allumettes chimiques. En 1860 ce nombre s'élève à 17, et en 1861 il atteint le chiffre de 42.

De 1840 à 1858, les incendies causés par des enfants jouant avec des allumettes chimiques se bornent à 4 en moyenne par an. En 1860, on en signalait 5; en 1861, ce nombre s'élève à 11, et en 1862 on en constate 13. On en a déjà enregistré 3 pour l'année actuelle.

Qu'on fasse la part de l'accroissement de la population de Paris, il n'en restera pas moins une progression croissante dans les sinistres de cette nature, qui appelle une attention sérieuse.

Votre commission manquait des moyens d'aller plus loin dans ses informations; mais celles qui ont été réunies par ses soins, et qu'il lui a semblé utile de porter à la connaissance de tous, car il n'est personne qui n'y puisse trouver un enseignement, suffisent bien pour justifier le vœu des pétitionnaires et leur propre conclusion.

C'est au gouvernement, et à lui seul, qu'il appartient, après examen et discussion de tous les faits observés dans l'ensemble du pays et de tous les intérêts en jeu, de décider si le principe de la liberté du travail et si les avantages que la société recueille de l'emploi des allumettes chimiques actuelles doivent

prévaloir contre les sérieux inconvénients attachés à leur fabrication et à leur diffusion.

D'un côté se trouvent la liberté de l'industrie, qu'il ne faut toucher et restreindre que dans les cas extrêmes, et la satisfaction des consommateurs, qui supportera impatiemment toute entrave. De l'autre, les dangers graves, mortels même, auxquels les ouvriers sont exposés : un poison redoutable à l'égal de l'arsenic, répandu à profusion dans toutes les familles; des chances d'incendie accrues, doublées peut-être dans toute l'étendue de l'Empire.

Ces considérations seront pesées par le gouvernement. Nous n'avons pas à prévoir si elles l'amèneront, comme on le lui a souvent proposé, à constituer pour la fabrication et la vente des allumettes un monopole analogue à celui qu'il a organisé pour la fabrication de la poudre, qui bannirait de la consommation les allumettes dangereuses; ou bien s'il jugera suffisant, comme le demandent les pétitionnaires, d'interdire la fabrication et la vente des allumettes à base de phosphore trop inflammables; ou bien, enfin, s'il tentera seulement de réduire le nombre des incendies dus à l'imprudent usage des allumettes chimiques, en appliquant à leurs auteurs une responsabilité et une pénalité capables de les rendre plus circonspects.

Votre commission, se renfermant dans son rôle, se borne à affirmer que, en poursuivant la fabrication d'un système d'allumettes éminemment inflammables, les producteurs n'ont peut-être pas tenu un compte suffisant des dangers du maniement et de la diffusion du phosphore; qu'il n'est pas un médecin qui ne se soit inquiété de voir entrer dans la circulation générale un poison aussi dangereux; qu'il n'est pas un chimiste qui ne puisse indiquer une méthode pour fabriquer des allumettes inflammables non vénéneuses, lesquelles, sans offrir des chances d'incendies accidentels, permettraient à chacun de se procurer du feu d'une manière pratique, et qui, sans porter le trouble dans les habitudes domestiques, soustrairaient cependant les fortunes et les familles à des périls dont les enfants sont trop souvent les instruments et les victimes.

La question est très-digne d'étude; votre commission croit qu'elle mérite la plus sérieuse attention. Elle a donc l'honneur de proposer au Sénat de renvoyer la pétition des compagnies d'assurances contre l'incendie, ainsi que les documents qu'elle a recueillis et qu'elle y a joints, à LL. EExc. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, et le ministre des finances. (Marques d'approbation.)

(Le double renvoi, proposé par la commission, est mis aux voix et adopté.)

(Extrait du *Moniteur universel*.)

ART DES MINES.

DE L'EXPLOITATION DE L'OR ET DES PRINCIPAUX GISEMENTS AURIFÈRES DÉCOUVERTS
DEPUIS DIX ANS, PAR M. J. ARTHUR PHILLIPS.

(*Mémoire lu par l'auteur en 1862 dans l'une des séances de la Société des arts de Londres.*)

« Il ne serait guère possible, dans le cadre assez restreint de ce mémoire, d'énumérer en détail tous les gisements aurifères de quelque valeur qui ont été découverts dans la dernière période décennale que nous venons de traverser. Je me bornerai donc aux plus importants, mais en même temps je dirai quelques mots des différentes modifications que l'expérience a suggérées dans le traitement des minerais aurifères, et j'appellerai l'attention sur quelques-unes des causes qui ont réagi d'une manière défavorable sur cette branche d'industrie.

« En général, on trouve l'or dans une roche quartzeuse traversant des schistes paléozoïques altérés. Les gisements les plus riches existent fréquemment au voisinage des roches éruptives. On en a rarement rencontré dans les roches stratifiées les plus anciennes, tandis qu'au contraire les dépôts les plus importants ont été découverts dans les terrains sédimentaires qui suivent dans la série géologique (c'est-à-dire dans ceux qu'on rapporte aux époques silurienne, devonienne et carbonifère), et particulièrement dans les régions qui ont subi les métamorphoses les plus profondes. Ce sont les roches siluriennes qui se sont montrées les plus productives ; mais il n'est pas rare, même en Europe, d'avoir rencontré de l'or en petites quantités dans les conglomérats de la période carbonifère.

« Presque toujours, si ce n'est toujours, l'or existe à l'état natif ou métallique, généralement sous forme de petites paillettes ou de grains, et quelquefois, mais par hasard, en pépites d'un poids considérable. Il n'est jamais pur, car il est invariablement allié à l'argent et fréquemment à de petites proportions de fer et de cuivre. On le rencontre également mélangé avec divers sulfures métalliques, tels que les pyrites de cuivre, la galène, la blende, et particulièrement avec les pyrites de fer et le mispickel (fer arseniaté). Dans cette association est-il toujours complètement sous forme de particules infiniment petites, ou bien, dans quelques cas, se trouve-t-il combiné avec le soufre ? C'est là une question assez controversée, au sujet de laquelle des expériences nombreuses me porteraient à penser que l'or existe quelquefois en petite quantité à l'état de sulfure, tandis que je ne crois pas qu'on puisse, dans aucun des gisements connus, rencontrer de l'or oxydé, pour lequel cependant on a imaginé bien des méthodes d'extraction et proposé de nombreuses applications.

« L'emploi du procédé ordinaire d'amalgamation pour extraire l'or des sulfures auxquels il est associé présentant de grandes difficultés, il sera donc souvent préférable de séparer et de réunir les pyrites, puis de les soumettre à un traitement métallur-

gique en les fondant soit avec de la galène ou de la litharge, soit avec quelque autre produit plombeux.

Principaux gisements aurifères récemment découverts.

« C'est dans la Colombie britannique, dans la Nouvelle-Zélande et dans la Nouvelle-Écosse que les découvertes les plus importantes ont été faites durant ces dix dernières années; cependant nous devons noter ici que de l'or a été récemment signalé au nord du pays de Galles, dans le voisinage de Dolgelly, en quantité assez notable pour qu'il y ait profit à l'extraire.

Gisements de la Colombie britannique. — « Vers 1856, le gouverneur de l'île Vancouver, M. Douglas, informait le Secrétaire d'État qu'on venait de découvrir de l'or sur le territoire britannique au nord du 49° de latitude, que les travailleurs occupés aux recherches recueillaient, par jour, un gain variant de 50 à 200 francs, mais que, néanmoins, le nombre en était très-restreint en raison de l'attitude hostile que leur montraient les indigènes.

« Au premier moment cette découverte attira moins d'attention qu'on n'aurait pu le supposer; mais, en décembre 1857, on apprit par M. Douglas que les Indiens eux-mêmes s'occupaient activement de recherches, et que les nouvelles qui en étaient parvenues jusque dans les États limitrophes d'Amérique avaient produit une grande effervescence. Cependant ce n'a été qu'en mai 1858 que l'immigration a commencé à être assez forte pour triompher de l'opposition des indigènes, et que le public anglais a appris pour la première fois que le continent de la Nouvelle-Calédonie (c'est ainsi qu'était assez vaguement désigné le district compris entre le fleuve Rouge et le Pacifique) était une riche et belle contrée, qui promettait de devenir une colonie florissante et d'une importance remarquable. Voici ce qu'à ce sujet le correspondant du *Times* écrivait de Victoria (île de Vancouver), à la date du 20 juin de la même année :

« En commençant par Frazer River, l'artère principale de la région aurifère, je puis
 « certifier que l'existence de l'or est constatée et qu'on en a extrait sur beaucoup de
 « points dans le lit et sur les rives du fleuve, depuis la région située à 45 milles envi-
 « ron de son embouchure jusque près de sa source dans les Montagnes Rocheuses,
 « c'est-à-dire depuis le 49° jusqu'au 53° parallèle de latitude nord, distance qui
 « peut être évaluée à un développement de 800 milles. Le bras sud de ce cours d'eau
 « a son origine près de Mount Brown (Mont Brun) dans les Montagnes Rocheuses,
 « à peu près par 53° de latitude nord et 118° 40' de longitude ouest; de là il par-
 « court une étendue de 290 milles jusque Fort Georges, un des postes appartenant à
 « la Compagnie de la baie d'Hudson. Le bras nord prend une direction opposée; ali-
 « menté par une série de lacs situés entre 54 et 55° de latitude nord et 124° 50' de
 « longitude ouest, il descend pendant 260 milles et se réunit au bras sud en un point
 « placé à quelques milles au-dessous du 54° parallèle de latitude nord; c'est à ce
 « point de jonction que commence, à proprement parler, le fleuve Frazer. Les deux

« bras ajoutés l'un à l'autre présentent une succession continue de terrains aurifères d'un développement de plus de 1,000 milles, lesquels s'étendent dans le pays à plusieurs milles des berges ; et dans cette évaluation ne sont pas compris les cours d'eau tributaires. En résumé, le fleuve lui-même est reconnu pour être aurifère et pour traverser un pays qui, sur tout son parcours, décèle la présence du précieux métal. On trouve également de l'or dans la majeure partie des affluents, qui sont au nombre de cinquante-neuf. L'énorme parcours de Frazer River et la grande quantité de ses affluents donneront donc quelque idée de l'importance des gisements de ce pays.

« Cette description ne saurait cependant donner une idée complète de l'étendue de ces richesses, car elle ne concerne que la région centrale du pays, tandis que réellement toute la partie supérieure de la Colombie britannique, du sud au nord, se montre aurifère.

« Outre l'or que fournissent le lit et les rives des cours d'eau mentionnés, on en trouve encore dans les plateaux qui bordent le Frazer et plusieurs de ses affluents. Ces plateaux, que les mineurs appellent *benches*, se présentent de place en place le long des rives pendant plusieurs lieues, et s'étendent vers la montagne en se développant sur une largeur de quelques milles. S'élevant parfois à la même hauteur sur les deux rives et parfois à des niveaux différents, ils se superposent aussi par étages et offrent en général une épaisseur de 45 à 60 mètres, formée d'une seule masse d'alluvion (limon, gravier, cailloux, sable et fragments de roche) (1). »

« D'après le même correspondant, il paraîtrait que d'autres gisements importants ont été signalés dans d'autres régions éloignées de Frazer River. C'est ainsi que des recherches auraient amené des découvertes très-productives entre Fort Hope et Fort George, à 100 milles environ de l'embouchure du fleuve. On rapporte que pendant la dernière campagne chaque mineur y faisait, par jour, un bénéfice de 17 dollars (2), et qu'il est arrivé une fois, à trois associés, de recueillir en trois jours 240 dollars. A Okanagan, distant de 60 milles, l'extraction aurait, dit-on, produit en moyenne 4 dollars par tête. Le fleuve Thompson et ses affluents ont également accusé une grande richesse ; il en est de même du North River qui a donné de 8 à 10 dollars par tête, et du Barrière, où une société de Canadiens français est arrivée à obtenir jusqu'à 50 dollars par jour et par tête.

« Cependant, de tous les gisements jusqu'ici découverts, Cariboo semblerait être le plus vaste et le plus riche. On cite comme exemple le *claim* de Steele (3) (William's Creek), où cinq personnes réunies en société commencèrent leurs opérations pen-

(1) C'est là ce qu'on nomme les *placers*, d'un mot espagnol qui signifie banc de sable ou de gravier, terrain de transport ou de sédiment. (R.)

(2) Le dollar vaut, en moyenne, 5^{fr},41.

(3) La première occupation sur un *placer* constitue le droit d'exploitation, et la concession faite au mineur porte le nom de *claim*, mot anglais qui signifie, dans ce cas, droit de possession.

(R.)

dant la saison d'été. Elles scièrent d'abord des bois pour construire leurs canaux de lavage (*sluices*), puis elles commencèrent leurs opérations, mais le rendement qu'elles obtinrent ne semblait pas donner de brillantes promesses; ainsi, pendant les trois premières journées d'exploration, on ne recueillit pour ainsi dire rien. Cependant le quatrième jour fut plus favorable et donna 4 onces d'or (113^s,32); le lendemain on en produisit 10 onces (283^s,30), et le surlendemain 41 (1161^s,53). A dater de ce moment, le rendement alla toujours en augmentant, jusqu'au chiffre de 387 onces (10^k,964), qui fut même dépassé le dernier jour du travail, car il s'éleva à 469 onces (13^k,287). Les cinq associés employaient, pour les aider à nettoyer les résidus (*tailings*), quatre manœuvres, à chacun desquels ils donnaient par jour, outre la nourriture, une paye de 8 dollars. En deux mois, ils retirèrent une quantité d'or d'une valeur de 21,875 livres (546,875 fr.). La surface totale du *claim* ainsi exploité était de 80 pieds sur 25 (24^m,38 sur 7^m,62), ce qui prouve l'extrême richesse que les alluvions de ce pays présentent sur quelques points.

« Je ne puis m'empêcher, cependant, de faire une remarque au sujet des appréciations du correspondant du *Times* : à l'entendre, on pourrait croire que l'exploitation des placers de la Colombie britannique réalise toutes les espérances et n'amène jamais de déceptions. J'avoue que l'expérience que j'ai acquise dans les plus importants gisements aurifères ne me permet pas de partager cette manière de voir; en général, on fait grand bruit des fortunes acquises, tandis qu'on parle peu ou point des chercheurs malheureux. D'ailleurs, les récits merveilleux qui nous parviennent de temps à autre par la voie des journaux sont-ils toujours bien dignes de foi? Je pourrais citer à cet égard le fait suivant dont j'ai été témoin, il y a quelques années, dans un pays que j'habitais alors et où j'avais fait connaissance du correspondant de l'un de nos principaux journaux. Cet écrivain réalisa une grande fortune par des spéculations de terrains, dont la réussite n'était pas peu favorisée par les articles qu'il envoyait à son journal. Loin de moi la pensée de lui imputer un parti pris d'exagérer ses récits, mais on avouera qu'il nous est bien difficile de juger froidement les faits qui se passent autour de nous, lorsque nos intérêts matériels sont intimement liés à leur réussite.

« Quoi qu'il en soit, on ne saurait mettre en doute l'existence de gisements aurifères très-riches dans la Colombie britannique, en ce qui concerne les dépôts d'alluvion, la facilité de les exploiter et l'abondance des eaux qu'on a à sa disposition; les remarques précédentes n'ont eu pour but que de prémunir ceux auxquels les récits du *Times* pourraient faire croire qu'on doit immanquablement réaliser, dans cette colonie, une grande fortune. Quant aux hommes déterminés qui partent avec la volonté bien arrêtée d'assurer leur existence avec l'aide de leurs bras et les ressources de leur industrie, ils peuvent être certains qu'ils pourront se créer, dans les colonies, une honorable indépendance beaucoup plus facilement que dans aucune contrée de l'Europe.

Gisements de la Nouvelle-Zélande. — « Dans les premiers mois de 1862, on a appris que de l'or venait d'être découvert dans la Nouvelle-Zélande, et bien qu'il ne

soit encore venu, que je sache, aucun rapport détaillé sur les circonstances dans lesquelles se rencontre le précieux métal, il y a toute raison de penser qu'on a fait, dans cette colonie, quelque riche découverte. Une lettre publiée au mois de mars de cette même année par le *Daily Telegraph* donnait, à cet égard, les détails suivants :

« L'or continue à se montrer avec abondance à Dunedin, dans les placers d'Otago. « Les 22, 28 novembre et 15 décembre 1861, on en a expédié, par escortes, 21,000, « 15,000 et 14,000 onces (soit en totalité 1,416^k,50). Au 20 décembre, la totalité « des expéditions se montait au chiffre de 191,831 onces (5,434^k,572), ce qui, au « prix de 3 liv. 17 sh. l'once (96^f,25), représente environ une valeur de 738,550 liv. « (18,463,750 fr.); dans ce chiffre ne sont pas comprises les quantités emportées « individuellement. Tous les jours on fait de nouvelles découvertes dans le pays... » « Plus loin on lit que, avant peu de temps, la Nouvelle-Zélande sera classée parmi « les contrées aurifères, car on y a constaté la présence de l'or dans toute l'étendue « de la chaîne des montagnes, depuis le sud jusqu'à l'extrême nord. »

« L'*Otago Daily Times*, journal d'Otago, dans son numéro du 17 février 1862, disait, en parlant des progrès rapides faits par cet établissement depuis la découverte de l'or sur un point très-rapproché de son territoire : « La population d'Otago augmente « et les gisements d'or continuent à se montrer très-productifs aux mineurs engagés « dans leur exploitation. Chaque jour tend à démontrer que le précieux métal peut « être exploité, avec bénéfice, sur une grande étendue de la province, et que cette « industrie continuera, pendant plusieurs années encore, à attirer de nombreux travailleurs. L'événement le plus saillant du dernier mois a été la découverte d'un « nouveau gisement à Lammerlaw-Creek, près de sa jonction avec Waipori, et, bien « que les opinions émises à ce sujet soient plus ou moins contradictoires, il n'en est « pas moins constant, pour tout le monde, que cette nouvelle découverte constitue « une augmentation de richesse. »

« Comme je ne possède pas de documents spéciaux, je ne dirai rien de plus de la Nouvelle-Zélande, et je passerai de suite à l'examen des gisements de la Nouvelle-Écosse, que je connais beaucoup mieux, puisque je les ai récemment visités.

Gisements de la Nouvelle-Écosse. — « Le rivage de l'Atlantique, dans la province de Nova-Scotia, est bordé, dans toute son étendue, d'une ligne non interrompue de couches d'un caractère métamorphique, et probablement d'un âge géologique très-ancien. Ces couches, qui sont fréquemment pénétrées par des roches éruptives, constituent une côte tantôt plate et âpre, et tantôt découpée par de vives ondulations. Le sol en est généralement rocailleux et stérile, bien qu'on y rencontre çà et là de larges espaces bien couverts de bois et pouvant offrir, à l'agriculture, des éléments de réussite. Sur le bord de l'Océan, le sol de cette région est généralement peu élevé, puis il se relève peu à peu à mesure qu'il s'étend vers le nord, et finit par atteindre une hauteur d'environ 300 pieds (91^m,43). Suivant le docteur Dawson, la direction générale de la ligne côtière est sud 68° ouest, tandis que celle des terres, bien que très-ondulée sur certains points, est sud 80° ouest. La largeur maxima de cette bande

de terre, jusqu'au cap Canseau qui est à son extrémité nord, est d'environ 8 milles; au contraire, du côté ouest, elle s'étend graduellement et passe pour être de 30 milles vers le bras ouest du fleuve Sainte-Marie, qui est à 8 milles ouest du cap Canseau. Dans les contrées de l'Occident, sa largeur n'a pas encore été déterminée exactement, tandis que sa longueur correspond à celle de la Péninsule.

« Presque tout l'or qu'on a jusqu'ici découvert provient de cette bande de terre, qui est composée principalement de couches épaisses de schiste et de quartzite fortement inclinées, et ayant une direction générale nord-est, sud-ouest. Sur différents points, ces formations, qui appartiennent probablement à l'époque silurienne, ont été pénétrées par des masses de granit, au voisinage desquelles les quartzites et les schistes argileux présentent un caractère métamorphique très-prononcé.

« Du jour où les richesses de Californie et d'Australie ont été connues partout, l'attention publique a été dirigée vers la connaissance des gisements aurifères et des terrains dans lesquels on doit ordinairement les rechercher. De là, les nouvelles surgissant de temps en temps de différents points de la Nouvelle-Écosse et annonçant la découverte de l'or; malheureusement, dans le principe, on commettait des erreurs, et ce que les chercheurs inexpérimentés prenaient pour de l'or n'était simplement que du mica ou des pyrites de fer. Quelques années plus tard, il se produisit, dans les esprits, une grande surexcitation à la suite d'un article publié par le *Blackwood's Magazine*, dans lequel on affirmait qu'on trouverait de l'or dans les collines situées au sud d'Annapolis. C'est alors qu'on poussa l'exagération jusqu'à comparer cette partie du pays à la vallée du Sacramento, et que quelques personnes se laissèrent entraîner à quitter leurs occupations pour aller à la conquête de l'or; mais leurs recherches furent infructueuses, et la fièvre des esprits se calmant, l'événement ne tarda pas à être oublié. Il ne faut pas cependant perdre de vue qu'à une époque plus ancienne (1855) le docteur Dawson, en décrivant la grande bande de couches métamorphiques dont nous avons parlé, disait : « Dans quelques parties de ce district, on rencontre de nombreuses veines de quartz, et il n'y aurait rien d'étonnant que quelques-unes se montrassent aurifères..... »

« Cependant aucune constatation certaine de la découverte de l'or dans la province ne fut faite avant 1860, époque à laquelle quelques centaines de personnes, entraînées par les bruits qui circulaient, entreprirent des explorations près des sources de Tangier River. La quantité d'or qu'elles recueillirent dans ces parages fut si minime, que le découragement s'empara des travailleurs et vint peu à peu remplacer leur ardeur.

« Enfin, au mois de mars 1861, un homme se trouvant à un mille environ à l'est de Tangier River, et s'arrêtant pour boire au bord d'un ruisseau, remarqua une paillette d'or au milieu des cailloux qui en tapissaient le fond; il la ramassa, se mit alors à chercher et en trouva d'autres. A dater de ce moment, l'attention se dirigea sur cette localité; de nombreux claims furent demandés, et des quantités notables de métal furent recueillies en brisant le quartz au marteau et en lavant les débris dans des vases d'étain.

« Peu de temps après, en juin, on annonça la découverte d'un gisement à Lunenburg, au lieu dit *Ovens*. Dans cette région les veines de quartz, bien que généralement minces, sont souvent très-riches en or; elles semblent se croiser dans presque toutes les directions, et apparaissent au milieu d'un schiste métamorphique appartenant à la région sud de la grande bande décrite plus haut. A peine cette nouvelle a-t-elle été connue, que plusieurs compagnies se sont formées pour exploiter ces veines qui se montrent nombreuses, et bientôt les sables du rivage eux-mêmes furent l'objet d'un traitement suivi, car on reconnut leur richesse et on se mit à les laver au moyen du *cradle* (1) avec un succès tel, que leur rendement journalier fut d'environ 100 onces (2,833 grammes).

« A dater de cette époque, les découvertes se sont succédé rapidement à Lawrence-Town, à Darmouth, à Sheet, à Isaac's Harbours, Sherbrooke et à la ferme de Laidlaw. C'est sur ce dernier point que les gisements sont incontestablement les plus riches de la Nouvelle-Écosse. Les principaux travaux sont situés près le sommet d'une colline composée de schistes métamorphiques durs; ils sont ouverts à une profondeur de 4 ou 5 pieds ($1^m,22$ à $1^m,52$), dans une veine plissée de quartz qui est presque horizontale et a une épaisseur de 8 à 10 pouces ($0^m,20$ à $0^m,25$). Cette veine diffère totalement de toutes celles que j'ai vues jusqu'ici, en ce que le quartz y offre l'aspect d'arbres ou de bûches couchées l'une contre l'autre, suivant la méthode employée en Amérique pour faire les routes en bois. Aussi les mineurs ont-ils donné le nom de *barrel quartz* (quartz en rouleaux) à cette formation qui, dans quelques cas, ressemble à une série de petits barils placés côte à côte et bout par bout. La roche qui recouvre cette curieuse veine est excessivement dure; cependant, à peu de distance au-dessous, elle est plus fissurée et, par conséquent, plus facile à attaquer. Le quartz lui-même présente un clivage parallèle à sa forme curviligne, et suivant lequel il a une tendance à se briser. Les creux et surtout les sommets de la surface ondulée de cette veine de quartz sont recouverts d'une espèce d'écorce ou de croûte d'oxyde de fer brun, dans laquelle on trouve fréquemment de nombreux grains d'or vierge; au voisinage de cet oxyde, le quartz lui-même se montre souvent très-aurifère.

« Les autres veines aurifères de la province offrent, à proprement parler, peu de caractères distinctifs, et ont une grande analogie avec celles de Californie et d'Australie. Elles ont une direction générale nord 60° ouest et plongent vers le sud, mais il n'est pas rare de trouver des exceptions à cette règle. Les plus riches renferment en outre, en proportions variables, des pyrites de fer, du mispickel, de la galène, de la blende, et plus rarement de petites quantités de pyrites de cuivre argentifère et aurifère. Ici comme partout, la présence des sulfures est regardée comme un signe favorable de la richesse d'une veine, et la dissémination de la galène amène presque invariablement un rendement important en or.

(1) Le *cradle*, dont la traduction littérale est berceau, est un instrument qui, par sa forme et par le mouvement d'oscillation qu'on lui imprime pour laver les sables, rappelle en effet le berceau des enfants.

« J'ai déjà dit que les veines productives, trouvées sur les bords de l'Atlantique, se rencontraient au milieu des roches anciennes. Elles constituent ordinairement des groupes parallèles, près du centre desquels on voit quelquefois courir parallèlement d'autres veines de quartz cristallisé, mais comparativement très-pauvres en or; ces dernières sont désignées, dans le pays, sous le nom de *bull veins*.

« Contrairement aux usages de la pratique ordinaire, les mineurs de la Nouvelle-Écosse se sont occupés, presque exclusivement, de l'exploration des filons de quartz, laissant par conséquent de côté les alluvions; cependant il y a tout lieu de penser que de ce côté des recherches, conduites avec soin, pourraient être fructueuses. Quant au rendement total que les divers gisements ont jusqu'ici fourni, il serait impossible d'en donner une estimation quelque peu certaine; car, la plupart du temps, les claims sont exploités individuellement par des gens qui n'aiment pas, en général, à répondre aux demandes qu'on leur adresse sur leurs succès ou leurs déceptions, et, d'un autre côté, aucun document officiel n'a encore été publié à ce sujet.

« Quoi qu'il en soit, on ne saurait nier, en présence de toutes les preuves de richesse qui se sont jusqu'ici produites, que les résultats ne doivent aller en augmentant, et que la Nouvelle-Écosse ne doive prendre, avant peu, un rang important parmi les contrées aurifères. L'épaisseur de ses filons est peut-être inférieure à celle des filons de Californie et de quelques autres contrées; mais l'or y est, pour ainsi dire, plus visible que dans la moyenne des gisements que j'ai visités dans les autres parties du monde. La Nouvelle-Écosse possède en outre, sur la Californie et l'Australie, des avantages qui méritent considération. En effet, ces contrées étant situées à une grande distance de l'Europe, le trajet pour s'y rendre est long et dispendieux; aussi, pendant longtemps, la main-d'œuvre et la vie animale s'y sont-elles maintenues à des taux exorbitants. La Nouvelle-Écosse, au contraire, est à une distance raisonnable qui permet d'y aborder facilement de l'Europe et des États-Unis d'Amérique; elle renferme une population importante et bien assise, qui se compose d'hommes intelligents, industriels, sobres et éminemment propres, après quelque temps d'expérience, à devenir d'excellents et laborieux mineurs. La région aurifère n'est pas trop éloignée de la côte, où les navires peuvent trouver un grand nombre de ports magnifiques et sûrs. Enfin partout on trouve du bois en grande quantité pour tous les travaux de mine, et de l'eau en abondance pour le lavage et l'amalgamation des minerais. En présence de tels avantages, on comprend qu'il n'est guère possible que la main-d'œuvre puisse jamais atteindre le taux exagéré qui a été une des principales causes de ruine pour les exploitations aurifères de l'année 1852; la preuve en est que plusieurs de ces exploitations ont pu être reprises depuis cette époque et ont donné des bénéfices.

Gisements du nord du pays de Galles. — « La région aurifère du nord du pays de Galles semblerait se borner principalement à une étendue d'environ 20 milles carrés (51^{kil. car.}, 76), située au nord de la route à péage conduisant de Dolgelly à Barmouth. Dans cette région, la roche cambrienne est recouverte par la roche silurienne, et le caractère géologique de la contrée ressemble, en général, à celui des autres contrées

aurifères. Les découvertes les plus importantes sont celles des mines dites Dol-y-Frwgnog, Prince de Galles et Clogau; cette dernière seule est exploitée aujourd'hui avec bénéfice.

« En 1844, M. Arthur Dean lisait, devant l'Association britannique, un mémoire dans lequel il établissait qu'il existe un système complet de filons aurifères au milieu de la formation snowdonienne (étage inférieur du terrain silurien) du nord du pays de Galles. La connaissance de ces faits détermina l'entreprise de quelques travaux à Cwmhesian, mais ils ne tardèrent pas à être abandonnés en raison des résultats peu satisfaisants qu'ils donnèrent. Repris au bout de dix ans, ces travaux ne furent pas plus heureux. Enfin, deux ans après cette époque, des appareils de broyage et d'amalgamation furent établis à Dol-y-Frwgnog; mais les essais qu'on fit sur plusieurs centaines de tonnes de quartz n'eurent pas plus de succès.

« Cependant, au voisinage de Dolgelly, les filons se montrent plus favorables, et celui qu'on exploite aujourd'hui au mont Clogau, sous le nom de *filon Saint-David* ou *filon d'or*, est certainement le plus important. Ce filon, dans lequel on a ouvert des travaux situés à 1,000 pieds environ (304^m,79) au-dessus du niveau de la mer, a une inclinaison presque verticale et une direction à peu près est-ouest; il est principalement composé de quartz aurifère plus ou moins imprégné de sulfures de fer, de plomb et de cuivre; la gangue contient également beaucoup d'or disséminé, réduit à un état de division extrême. Les travaux de la mine sont restreints, et les machines qu'on y emploie d'une simplicité qui n'approche guère de la perfection. Voici le rendement qu'on a obtenu pendant toute l'année 1861 et le commencement de 1862 :

	1861.	1862 du 1 ^{er} janvier au 26 avril.
Minerai broyé.....	462,854 ^k ,000.	259,644 ^k ,000
Or fin obtenu.	81 ,705.	55 ,586
Rendement par tonne de minerai..	0 ,1765.	0 ,214

« Il va sans dire qu'un pareil succès a fait entreprendre bien des travaux sur différents points de ce district; mais, si les exploitations du comté de Merioneth sont faites dans cet esprit de fièvre spéculative qui a caractérisé l'année 1852, il n'est pas difficile de prédire les déceptions qu'elles amèneront inévitablement.

Des divers procédés employés pour l'extraction de l'or.

Emploi du tin pan et du cradle. — « La plus simple et en même temps la plus ancienne méthode d'extraction de l'or est, sans contredit, celle qui consiste à laver les sables et les boues dans lesquels il est disséminé. Ce travail peut se faire en petit, soit dans une sèbile, soit dans une écuelle en étain (*tin pan*) (1); mais, lorsqu'on veut opérer plus vite, il faut recourir à des appareils un peu moins élémentaires. En Cali-

(1) Le *tin pan* est connu en Amérique sous le nom de *battée*.

(R.)

fornie et en Australie les mineurs se servaient fréquemment, dans le principe, d'un instrument dont il a été question plus haut et qu'on nomme *cradle*. Cet instrument, qui passe pour être originaire de la Virginie et de la Caroline, se compose d'une espèce de boîte oblongue inclinée, munie d'un crible vers son extrémité supérieure et montée sur deux bascules (sortes de patins analogues à ceux d'un berceau d'enfant), de telle sorte que, à l'aide d'une poignée, on puisse lui imprimer un mouvement d'oscillation. L'intérieur de cette boîte est garni d'une toile fortement tendue; enfin le fond de la boîte est divisé en compartiments par des barres de bois transversales. Le lavage à l'aide du *cradle* est néanmoins une opération encore très-lente et qui demande une grande somme de travail manuel, car, en outre du mouvement d'oscillation qu'il doit donner à l'appareil, le mineur est obligé d'y verser de temps en temps de l'eau avec son *dipper* (vase à puiser), et de remuer constamment les terres et les sables déposés dans le crible. L'or et les autres matières lourdes se recueillent dans les compartiments du fond de la boîte où ils sont retenus; on les reprend pour les laver dans le *tin pan*, et c'est ainsi qu'on obtient finalement l'or à l'état pur. Ce mode d'opérer donne lieu à des pertes importantes.

Emploi du long tom. — « Plus tard les mineurs de Californie ont remplacé le *cradle* par le *long tom*. Cet appareil n'est autre qu'une longue et grossière caisse de bois placée dans une position très-inclinée et dont le fond, vers le bas de la pente, est remplacé par un crible formé d'une feuille de tôle perforée; sous ce crible est un *rifle-box* (boîte à rayures), divisé en compartiments, comme le *cradle*, au moyen de traverses de bois. On charge les terres et les sables en haut de la caisse, en même temps qu'un courant d'eau est dirigé sur la masse avec assez de violence pour opérer le lavage; on remue continuellement avec une pelle, et les particules les plus fines passent au travers du crible pour se déposer dans le *rifle-box*, tandis que les matières d'un plus gros volume sont enlevées de temps en temps après un examen qui constate si elles ne contiennent pas quelques pépites. On reprend ensuite le contenu du *rifle-box*, et on le lave au *tin pan* comme ci-dessus pour obtenir l'or. Le travail au *long tom* a sur le précédent l'avantage de permettre, dans un temps donné, d'opérer sur une beaucoup plus grande quantité de matière, mais aussi il exige beaucoup plus d'eau, et, quant aux pertes, elles sont encore importantes.

Travail au sluice. — « Aujourd'hui, partout où il est possible de l'établir, on substitue le *sluice* au *long tom*. Une longue suite de couloirs ou canaux en bois inclinés, munis de doubles fonds dans lesquels on a creusé des trous qui n'ont pas toute l'épaisseur du bois, tel est l'appareil auquel on donne le nom de *sluice*, et qu'on emploie au traitement des sables, en ayant recours en même temps au mercure dont on garnit les trous ou poches des doubles fonds. Le lavage des terres riches (*pay dirt*) (1) s'y opère en eau courante, et le métal, en vertu de sa plus grande densité, se dépose au

(1) L'expression de *pay dirt*, qui ne peut bien se traduire, vient sans doute de ce qu'en Amérique on dit que la terre *paye* ou ne *paye pas*, suivant qu'elle est riche ou stérile. (R.)

fond du sluice et est absorbé par le mercure. On enlève de temps en temps les doubles fonds, et, après avoir fait couler le mercure non amalgamé, on distille le reste pour obtenir l'or. Bien qu'elle ne soit pas non plus exempte de pertes, cette méthode de traitement est généralement préférée aux précédentes.

Méthode hydraulique. — « Lorsqu'on dispose d'une chute d'eau suffisante, on attaque aussi les terres en place, en dirigeant contre elles des jets rapides que fournissent des tubes en métal ou en toile ; c'est en opérant ainsi contre une colline, qu'on sape par côté, qu'on parvient, en peu de temps, à désagréger des blocs considérables d'alluvion. La matière abattue est ensuite reprise et lavée au sluice à la manière ordinaire. Cette méthode, que l'on regarde comme la plus économique, est connue sous le nom de méthode d'exploitation hydraulique (*hydraulic mining*),

Broyage et amalgamation des quartz aurifères. — « Lorsqu'au lieu d'être dans les alluvions l'or se rencontre en filons avec d'autres métaux, il devient indispensable, pour l'extraire, d'amener la gangue qui le renferme à un état de division extrême ; de là différentes méthodes de broyage et d'amalgamation.

« Dans quelques contrées, et particulièrement au Mexique, on emploie beaucoup une machine qu'on appelle *arrastra*, et qui se compose d'un arbre vertical portant des bras croisés perpendiculairement, auxquels des blocs pesants de porphyre sont attachés par des cordes ou des lanières de cuir non tanné. La machine est mise en mouvement par des mules attelées à l'un des bras de cette espèce de manège, et, comme les blocs de porphyre sont placés dans une auge bien pavée où l'on met le minerai, ils écrasent celui-ci par une action analogue à celle qui se passe dans le broyage des couleurs. On verse, dans l'auge, de l'eau et du mercure pendant la rotation du manège, et de temps en temps on retire l'amalgame produit pour le distiller dans une cornue. Le minerai qu'on livre à l'*arrastra* est réduit en morceaux de la grosseur d'un pois, mais dans les grands établissements on le fait préalablement passer au bocard. Il va sans dire que le travail de l'*arrastra* est lent et dispendieux.

« Au Chili, on se sert du *trapiche*, qui n'est tout simplement qu'un moulin broyeur à meule tournante. La meule tourne sur une sole en pierre cannelée où l'on met une certaine quantité de mercure, et la trituration s'opère peu à peu en même temps que l'amalgamation du métal. Cet appareil présente les mêmes inconvénients que l'*arrastra* au point de vue de la lenteur et du prix de revient élevé du travail qu'il fournit.

« Quelquefois on a broyé le minerai dans un moulin analogue à celui qu'on emploie communément pour moudre le blé, et l'opération a donné d'excellents résultats. La preuve en est dans la comparaison des prix de revient de ce système et du précédent, qui sont de 2^f,80 et de 8^f,50 par tonne, soit comme 1 : 3.

« On a également fait usage des cylindres broyeurs avant de procéder à l'amalgamation, mais ces appareils répondent mal au but qu'on se propose. D'abord ce sont les toiles métalliques, à travers lesquelles doit passer le minerai broyé le plus fin, qui s'usent rapidement par le contact non-seulement de ces matières, mais encore de celles qui, d'un volume trop gros, doivent retourner aux cylindres ; de là des répara-

tions continuelles qui rendent l'opération très-coûteuse. Ensuite, à moins que le minerai ne soit excessivement sec, les mailles des toiles métalliques ne tardent pas à se boucher, et la matière, ne pouvant plus passer, produit bientôt une poussière fort incommode pour les ouvriers.

« Aujourd'hui les mineurs de Californie et d'Australie font usage presque exclusivement du bocard. Le minerai est souvent soumis à une calcination préalable en tas ou dans des fours; puis, au sortir du bocard, il passe dans des appareils de différentes formes, destinés à opérer la séparation de l'or. Bien qu'elle ne soit pas toujours adoptée, la calcination produit souvent d'excellents résultats : elle rend, en effet, le quartz dur beaucoup plus friable, et, quand le minerai renferme une grande quantité de sulfures, elle a l'avantage de le débarrasser du soufre en grande partie. En outre, il est probable que, lorsque l'or est en paillettes très-disséminées dans la gangue, la calcination les agglutine en quelque sorte, et leur permet ainsi d'offrir moins de surface à l'action entraînant de l'eau, phénomène qui a pour résultat de diminuer les pertes d'or flottant (*float gold*).

« Le minerai sorti du bocard, on sépare l'or soit simplement par lavage, soit par lavage et amalgamation. Dans le premier cas, la matière broyée et entraînée par l'eau est reçue dans des *rifle-boxes* (boîtes à rayures dont il a été question plus haut), ou bien on la fait passer sur des couvertures ou sur des peaux garnies de leur toison, qui retiennent les particules les plus lourdes; ces couvertures sont ensuite passées au lavage dans des cuves appropriées où elles déposent l'or, qu'on peut reprendre encore pour l'enrichir par une dernière opération avec la battée. Cela fait, on procède à l'amalgamation, ou bien, ce qui est plus rare, on opère la fusion soit avec de la litharge, soit avec un minerai de plomb, et enfin on termine par la coupellation.

« Dans le second cas, c'est-à-dire lorsqu'on veut amalgamer pendant le lavage, on peut mettre le mercure dans les rifle-boxes ou bien faire passer les produits du bocardage dans un appareil de trituration contenant le mercure; pour cette opération on a recours, dans quelques cas, au tonneau d'amalgamation (*barrel amalgamation*). Les mineurs californiens et australiens opèrent de la manière suivante, au moyen d'une combinaison bien calculée de trois des meilleurs systèmes d'amalgamation : le minerai livré par le bocard passe d'abord, au moyen d'une tablette (*a lip*), à travers un triturateur analogue à celui qu'on emploie à Zell, dans le Tyrol, et tombe ensuite dans un appareil qui fonctionne comme le tonneau d'amalgamation. Enfin, avant de se rendre aux rifle-boxes ou aux couvertures, il est obligé, en dernier lieu, de traverser une colonne de mercure dans laquelle il est soumis à une certaine agitation.

« Lorsque l'eau dont on dispose n'est pas assez abondante, il arrive quelquefois qu'on ramène au bocard, pour l'utiliser concurremment, celle qui contient les résidus (*tailings*). Dans ce cas, on doit jeter de temps en temps dans l'appareil une petite quantité de cendres de bois, précaution ayant pour but de saponifier l'huile ou les matières grasses qui pourraient exister et dont la présence, *même dans les plus mi-*

nimes proportions, lorsqu'on se sert du mercure, nuirait au résultat de l'opération en empêchant l'or de s'amalgamer. Il est donc de toute importance que, dans les ateliers de broyage et d'amalgamation, on veille avec grand soin à ce qu'il ne tombe dans les appareils aucune goutte d'huile provenant des axes tournants ou de leurs supports, car un pareil accident compromettrait inévitablement le rendement de l'or. Pour prévenir tout danger de cette nature, on fera donc bien de jeter de temps en temps au bocard, comme on vient de le dire, un peu de cendres de bois ou toute autre substance alcaline.

« Lorsque le quartz renferme une proportion notable de sulfures aurifères, il peut y avoir profit de reprendre les résidus avec lesquels ils ont été entraînés; dans ce cas, on les sépare au moyen du *buddle* de Hundt, qu'on installe à la sortie des rifle-boxes. Ainsi obtenus, ces sulfures peuvent être fondus avec de l'oxyde de plomb, opération qui permet d'extraire ensuite l'or par coupellation; ou bien, ce qui est souvent moins avantageux, on les soumet au grillage et on termine par l'amalgamation.

« Pour donner un exemple des bénéfices auxquels on peut arriver dans le traitement d'un minerai d'un faible rendement en or, lorsqu'une exploitation est bien organisée, je citerai les résultats qu'obtient, en Australie, la Compagnie coloniale et de Port-Philippe (*the Colonial and Port Philip Company*), grâce aux masses importantes sur lesquelles elle opère, et grâce surtout à l'économie qui règne dans tous les travaux.

	Du 1 ^{er} octobre 1859 au 30 septembre 1860.	Du 1 ^{er} octobre 1860 au 30 septembre 1861.	Différences entre les 2 périodes.
Minerai broyé.	22,018,395 ^k ,000. . .	32,741,870 ^k ,000.. .	10,723,475 ^k ,000
Rendement total en or.	494 ,811. . .	689 ,448.. .	194 ,637
Rendem. par tonne de minerai.	0 ,02247. . .	0 ,021	
Coût du traitement par tonne. .	19 ^f ,70.	14 ^f ,77	

« On voit, par les chiffres ci-dessus, que dans la seconde campagne on a traité 10723^{ton},475 de plus que dans la première, et que le rendement total en or a été supérieur de 194^k,637. La tonne de minerai a fourni moins d'or, mais l'économie réalisée sur les frais a été de 4^f,93 par tonne.

Essai des minerais aurifères.

« L'essai des minerais contenant de l'or se fait, en général, de la même manière que l'essai des minerais argentifères. Voici comment on procède :

« On commence d'abord par réduire en poudre fine un échantillon du quartz à essayer, puis on en prend un poids déterminé qu'on mélange intimement avec de la litharge, du carbonate de soude, du borax et du charbon de bois pulvérisé en quantité suffisante pour permettre d'obtenir, par la fusion de ce mélange, un culot de plomb de dimension convenable destiné à être ensuite coupellé. Cette dernière opération fournit un bouton métallique contenant non-seulement l'or qui se trouvait dans le minerai, mais encore une certaine quantité d'argent provenant du même minerai ainsi que du plomb de la litharge.

« Dans le cas de minerais pauvres contenant par tonne moins de 10 dwts (15^{gr},54) d'or, l'argent fourni par le plomb de la litharge est souvent suffisant pour opérer l'inquartation, tandis qu'avec les minerais riches on ajoute ordinairement un peu d'argent sur la coupelle avec le bouton métallique.

« Lorsqu'en outre de l'or le minerai renferme une petite proportion soit de pyrites de fer, soit d'autres sulfures métalliques, l'addition du charbon ou de tout autre agent réducteur est souvent inutile, et la fusion peut se faire simplement avec de la litharge. Au contraire, si la proportion des pyrites est considérable, le minerai doit être traité par scorification, ou bien être d'abord grillé pour chasser tout le soufre et traité ensuite comme s'il n'en contenait pas, mais avec addition d'une forte proportion de borax. Quel que soit le mode d'opérer qu'on choisisse, on ne doit pas oublier, dans le cas de la présence du soufre, qu'il est important de le faire disparaître soit avant, soit pendant la fusion du minerai, afin d'éviter, surtout en présence des flux alcalins, qu'une partie de l'or ne passe dans la scorie, et par conséquent que le culot de plomb qu'on obtient n'en renferme pas la totalité.

« Je ferai observer ici que, s'il est très-simple de déterminer d'une manière exacte la teneur en or d'un morceau donné de quartz aurifère, en revanche il est loin d'être facile d'obtenir un échantillon qui représente, d'une manière certaine, la richesse moyenne d'un filon. Lorsque l'or se trouve dans un état de division extrême, lorsqu'il est disséminé régulièrement dans la gangue, le problème est moins difficile à résoudre; mais, au contraire, lorsqu'il forme des amas irréguliers et qu'on le trouve dans des géodes, il faut bien prendre garde de tomber dans de grossières erreurs d'estimation.

« Il est donc très-important, toutes les fois qu'on se propose de déterminer la richesse d'une veine, de préparer, avec le plus grand soin, les échantillons de minerai sur lesquels doivent porter les essais. Dans ce but, on commence par diviser en plusieurs sections tous les tas de minerai extrait; on en prend deux ou trois tonnes dans chaque section, et on casse la pierre en fragments qui ne dépassent pas la grosseur d'une dragée: cette opération, qui, lorsqu'on n'a pas de machines à sa disposition, se fait sur des plaques de fer à l'aide de marteaux de forme spéciale, est connue sous le nom de *bucking*. Le minerai cassé, on en mélange tous les morceaux, puis on fait de nouveaux tas qu'on divise comme auparavant, et l'on y prend, cette fois, de 3 à 4 cwts de matière (de 153 à 203 kilog.) qu'on réduit en poudre fine, en la broyant dans un mortier de grande dimension ou sur une plaque de fer. Cette poudre étant, à son tour, bien mélangée, on la divise en parts, et l'on prend dans chacune d'elles une certaine quantité de matière, de telle sorte qu'on réunisse un poids total d'environ 20 livres (9^k,06), qu'on broie encore plus fin et qu'on passe à travers une toile métallique à mailles serrées. Enfin c'est la poudre tamisée qu'on essaye directement, et pour cela on fait au moins six expériences dans lesquelles on opère chaque fois sur 1,000 grains (64^{gr},77); la moyenne de ces six essais représente la teneur du minerai cherchée. Comme il peut se faire que, pendant le tamisage, quelques parcelles d'or aplaties soient restées sur la toile métallique, on doit les re-

cueillir avec soin, les coupeller, et, après avoir fait le départ de l'argent, avoir soin, dans l'essai direct, de tenir compte de ce poids additionnel. En procédant comme il vient d'être expliqué, on peut compter sur un résultat d'une très-grande exactitude; cependant, toutes les fois qu'on n'est pas tenu d'arriver à des résultats d'une aussi grande approximation, on peut se dispenser de broyer autant de minerai et réduire le nombre des essais.

« Quelque perfectionnés que soient les appareils de broyage et d'amalgamation qu'on emploie pour le traitement d'un minerai, on n'obtient jamais tout l'or qu'il renferme, c'est-à-dire que son rendement est inférieur à celui que fournit l'essai; cette différence, qui est représentée par les petites parcelles de métal que les eaux de lavage entraînent toujours dans les résidus, s'élève souvent à près de 2 dwts (3^{sr}, 10) par tonne de minerai traité.

« Lorsque le minerai aurifère soumis à l'essai contient également de l'argent dont on veut déterminer la proportion, on doit d'abord, après avoir opéré comme il a été expliqué plus haut pour obtenir un culot de plomb, coupeller celui-ci sans addition d'argent. Le bouton métallique produit est pesé, et on déduit du poids trouvé celui de l'argent provenant de la litharge dont on s'est servi et dont on a eu soin de déterminer la teneur par une coupellation distincte. Si l'opération du départ demande un peu plus d'argent, on en prend une petite quantité, on l'enveloppe avec le bouton métallique dans une feuille de plomb pur et on couple de nouveau. Le bouton résultant de cette seconde coupellation est traité par l'acide nitrique, qui laisse l'or insoluble et permet de le peser. En résumé, le poids de l'argent contenu dans le minerai est donné par la différence entre celui du bouton métallique provenant de la première coupellation, et les poids réunis de l'or et de l'argent contenu dans la litharge.

« En terminant ce paragraphe relatif aux essais, je ne saurais mieux faire comprendre toute l'importance qu'il y a à n'opérer que sur des échantillons d'une origine sincère qu'en citant les paroles prononcées, à ce sujet, par M. le docteur Percy, dans une lecture qu'il fit en 1852 à l'École des mines. « Avant tout, dit-il, qu'on s'applique
« à obtenir un échantillon loyal et sincère. La chose est d'une importance capitale et
« parfois d'une assez grande difficulté; mais, partout où l'honnêteté de l'intention
« existera, cette difficulté sera généralement surmontée. »

Des spéculations auxquelles a donné lieu, en 1852, l'exploitation de l'or.

« Peu de temps après la découverte des gîtes de Californie et d'Australie, de nombreuses sociétés se sont formées dans le Royaume-Uni dans le but d'aller exploiter ces richesses; mais, j'ai le regret de le dire, dans la plupart des cas les capitaux engagés ont été perdus. Ces désastres doivent être attribués à des circonstances diverses et, avant tout, au peu de soin et d'attention qu'on a apporté dans le choix des échantillons de minerais destinés à représenter, d'une manière sincère, la richesse moyenne des filons qu'on se proposait d'exploiter. Ainsi les échantillons qu'on recevait en

Angleterre étaient souvent des morceaux de choix, en sorte qu'à l'essai ils donnaient des résultats qui étaient loin de se confirmer lorsqu'on répétait les expériences en grand sur des matières représentant véritablement la richesse moyenne des gisements.

« D'un autre côté, il est souvent arrivé que des filons assez riches pour donner des bénéfices dans des circonstances ordinaires se trouvaient placés dans des situations où, par suite du manque d'eau ou par toute autre cause, l'exploitation en était extrêmement difficile. Enfin, dans la plupart des cas, c'est le prix élevé de la main-d'œuvre et de tous les éléments indispensables aux travaux de mine qui a nui, par-dessus tout, au succès des entreprises. N'est-il pas évident, par exemple, que, dans un pays où un œuf se paye 1 fr. 25 c. et un poulet une guinée (26^l,47), il est indispensable qu'un filon soit plus productif que dans une autre contrée où la vie animale est moins chère? N'est-il pas également vrai qu'il est plus facile de surveiller de nombreux ouvriers, dans un district où le travail est comparativement rare, que dans une localité où le premier individu venu, fût-il d'une adresse médiocre, peut gagner près de 25 fr. par jour en travaillant pour son propre compte. Les conséquences inévitables d'un tel état de choses sont, dans le premier cas, le prix élevé auquel il faut payer les travaux de tous genres, et, dans le second, la dépendance dans laquelle ces travaux sont placés par rapport à la main-d'œuvre.

« Dans tous les riches et nouveaux districts aurifères qui ont, pour la plupart, une population fixe très-restreinte, les dépôts d'alluvion faciles à exploiter fournissent pendant longtemps aux immigrants de fraîche date un travail abondant et rémunérateur; mais comme ces dépôts s'épuisent peu à peu, quoique lentement, il arrive un moment où, pour réaliser les mêmes bénéfices, la force musculaire seule devient insuffisante; il faut avoir recours à un mode d'exploitation mieux raisonné, à un système combiné de travaux bien entendus, mesures qui ne peuvent être assurées qu'au moyen d'un capital plus considérable.

« Il ne faut pas oublier cependant que ces transformations, quoique graduelles, même dans une colonie nouvelle, s'opèrent d'une manière bien plus rapide que ne pourraient se l'imaginer les personnes qui n'ont jamais quitté l'Europe. Dix ans dans la vie d'une colonie et surtout d'une colonie aurifère amènent, dans sa constitution et ses relations commerciales, de plus grands changements qu'il ne s'en produit en un siècle dans une contrée du vieux continent; par conséquent, nous ne devons pas nous étonner de voir aujourd'hui exploiter avec bénéfice, en Californie et en Australie, des filons qui, en 1852, n'auraient pu l'être sans donner lieu à des pertes certaines et très-considérables.

« Il est un fait généralement admis, c'est que les filons de quartz aurifère, au point de vue des frais que nécessite leur exploitation, peuvent à peine être comparés avec les dépôts d'alluvion situés dans leur voisinage et dont l'or est bien plus facile à extraire. D'un côté il y a le cassage, le broyage et le lavage de la roche qui demandent beaucoup de temps et d'argent, tandis que de l'autre c'est la nature qui, pendant des siècles, s'est chargée elle-même de faire ces opérations, de telle sorte que l'extraction

du métal peut se faire par les procédés les plus simples. Il suit de là nécessairement que la période à laquelle on peut entreprendre avantageusement des travaux sur les veines de quartz d'une localité donnée ne dépend pas entièrement de leur teneur en or, mais encore dépendra plus ou moins de l'abondance et de la richesse des placers situés dans leur voisinage et du prix courant de la main-d'œuvre et des matériaux dans le district.

« L'offre et le taux relatif de la main-d'œuvre dépendent aussi de la distance à laquelle les pays aurifères sont situés des grands centres de civilisation. C'est ainsi qu'en raison de leur éloignement et par conséquent de la difficulté de s'y rendre, l'Australie et la Californie ont offert, pendant longtemps, de frappants exemples d'une situation où l'offre des bras était inférieure à la demande; mais aujourd'hui que les voyages s'effectuent avec une facilité qui va chaque jour en augmentant, des inconvénients de cette nature ne sont plus à redouter au même degré dans les contrées où sont situées les récentes découvertes, surtout pour celles qui sont moins éloignées de l'Europe. Il y a donc tout lieu de penser que la production annuelle de l'or augmentera rapidement et que, grâce à l'introduction de nouvelles et puissantes machines, on arrivera à pouvoir exploiter avec bénéfice des minerais d'un très-faible rendement. Ces observations s'appliquent particulièrement aux gisements de la Nouvelle-Écosse, dont la position géographique ne permet pas que le taux de la main-d'œuvre y soit jamais excessif; elles s'appliquent également à ceux du nord du pays de Galles, qui pourront donner des bénéfices malgré leur faible teneur, pourvu que cette teneur ne diminue pas et que la production du minerai soit considérable.

Prix de revient de l'extraction de l'or de ses minerais.

« L'extraction de l'or de ses minerais a, sous plusieurs rapports, une grande analogie avec l'extraction de l'oxyde d'étain; par conséquent, le prix de revient, dans ce dernier cas, peut, toutes les autres circonstances étant égales, servir de guide dans le premier pour apprécier approximativement la dépense.

« Les meilleurs appareils employés en Angleterre pour amener les minerais au degré de ténuité que réclame leur traitement sont, sans contredit, ceux qu'on trouve dans les mines d'étain du Cornouailles. Comme exemple des frais de bocardage, on peut citer ceux des établissements de Polberro-Consols, où un bocard mené par une machine à vapeur à condensation de la force de 55 chevaux et à cylindres de 36 pouces (0^m,914) a donné les résultats suivants en 1854 :

Total du minerai d'étain bocardé dans l'année.	30,200 tonnes.
Travail total de chaque pilon dans le même temps.	420 —
Idem. par vingt-quatre heures.	1,400 kilog.
Travail total du bocard par jour.	100 tonnes.
Prix de revient du bocardage par tonne.	1 ^f ,60.
Idem. par force de cheval.	2 ^f ,90.
Rendement moyen du minerai par tonne.	9 ^k ,40.
Bénéfice total de l'exploitation.	58,762 fr.

« Cela posé, si l'on estime à 1^f,80 la valeur du kilogramme de minerai d'étain à l'état de schlick (black tin), la tonne qui en produit 9^k,40 vaudra, par conséquent, 16^f,92; si l'on admet, en outre, que les frais de bocardage d'une même quantité de quartz aurifère sont les mêmes et si l'on suppose enfin, pour un moment, que le produit de ce bocardage ne vaille pas davantage, c'est-à-dire plus de 16^f,92, cette somme représentera encore, au prix de l'or, un poids d'or fin de 4^g,640.

« Il faut admettre cependant que le prix du bocardage d'une tonne de quartz aurifère ordinaire sera un peu supérieur à celui d'une tonne de minerai d'étain de Polberro, et que la séparation de l'or présentera quelquefois une certaine difficulté lorsque le métal sera dans un état de division extrême, ou qu'il sera accompagné d'une forte proportion de sulfures; mais la différence de prix qui en résultera sera, dans bien des cas, inappréciable. Il est, par conséquent, bien évident que, lorsqu'on pourra exploiter de grandes masses de quartz aurifère dans un pays où la main-d'œuvre est à un taux modéré, il ne sera pas indispensable que le minerai possède une richesse exceptionnelle pour réaliser des bénéfices, si l'on emploie, pour le traiter, des appareils bien construits.

« Pour montrer les résultats avantageux qu'on peut obtenir dans certaines circonstances, même avec des minerais d'une très-faible teneur, je citerai, en terminant, ceux auxquels on est arrivé, en 1842, aux usines de Schemnitz, en Hongrie.

Quantité totale de minerai bocardé. Environ.	40,000 tonnes.						
Quantités moyennes de métaux utiles produites par 50 ton. de min.	<table> <tr> <td>Or. . .</td><td>85 grammes.</td></tr> <tr> <td>Argent. 1,698</td><td>—</td></tr> <tr> <td>Plomb. 422^k,650</td><td></td></tr> </table>	Or. . .	85 grammes.	Argent. 1,698	—	Plomb. 422 ^k ,650	
Or. . .	85 grammes.						
Argent. 1,698	—						
Plomb. 422 ^k ,650							

« Ajoutons, comme détail remarquable, que les filons étaient durs à attaquer et que l'exploitation se faisait à des profondeurs allant jusqu'à 200 fathoms (365^m,75). »
(*Journal of the Society of arts.*) (M.)

ARTS CHIMIQUES.

NOTE SUR LA NATURE DES DÉPÔTS QUI S'OPÈRENT DANS LES CHAUDIÈRES D'ÉVAPORATION DES JUS SUCRÉS AUX ANTILLES, PAR M. AIMÉ GIRARD.

On désigne sous le nom de *cal*, aux Antilles françaises, un dépôt qui, pendant l'évaporation des jus sucrés de la canne, s'attache aux parois intérieures des chaudières où cette opération a lieu. Ce dépôt est, en général, abondant, et il n'est pas rare de lui voir atteindre, par le travail d'une ou deux semaines, une épaisseur de 5 à 8 millimètres. Sa production présente de graves inconvénients; en effet, il intercepte la chaleur émise par le foyer, en formant sur les parois des chaudières un matelas non conducteur, et, par suite, il augmente la dépense de combustible. En outre, le fabricant se voit forcé, pour enlever ce fâcheux dépôt, de faire subir à ses

appareils un nettoyage difficile où l'acide chlorhydrique d'une part, les coups de marteau d'une autre interviennent trop souvent au détriment de ces chaudières.

Ces incrustations semblent avoir, jusqu'à ce jour, peu fixé l'attention des chimistes; cependant M. Payen cite, à ce sujet, dans son *Précis de chimie industrielle*, une analyse de M. Avequin qui tendrait à faire considérer le *cal* comme formé presque exclusivement de phosphate de chaux, et d'un autre côté M. Peligot m'a récemment appris qu'une analyse faite par lui, il y a une dizaine d'années, l'avait conduit à un résultat tout à fait contraire, et qu'entre ses mains le cal avait paru formé presque exclusivement de sulfate de chaux.

Mon attention ayant été appelée sur cet important sujet, il y a un an environ, par M. le marquis de Rancogne, qui crée, en ce moment, à la Guadeloupe, une usine centrale d'une haute importance, il m'a semblé intéressant de faire l'étude complète de la question, et de rechercher la nature du cal, aussi bien que les moyens d'empêcher sa formation.

Les échantillons de cal qu'a bien voulu me procurer M. de Rancogne étaient au nombre de six; deux provenaient de sucreries où l'évaporation avait lieu par un chauffage à la vapeur, les quatre autres provenaient d'habitations où le jus sucré était évaporé à feu nu. Les deux premiers étaient grisâtres, cristallisés, craquaient sous la dent; les quatre autres étaient noirs, boursoufflés, amorphes, et tout à fait analogues aux matières charbonneuses que laissent, par leur calcination, les matières organiques, et notamment le sucre. Ces différences dérivent du mode de fabrication lui-même, et l'on trouve, dans leur constitution chimique, des différences correspondantes et aussi nettement tranchées.

C'est ce que m'ont démontré les analyses que j'ai exécutées sur les six échantillons dont j'ai parlé plus haut. En effet, j'ai reconnu, de cette manière, que les cals produits dans les usines à la vapeur étaient formés presque uniquement de sulfate de chaux, tandis que ceux obtenus par l'évaporation à feu nu renfermaient, outre une énorme proportion de matière organique, une quantité variable de phosphate de chaux et de chaux en excès mélangés au sulfate de chaux. C'est ce que montrent les tableaux suivants.

Évaporation à la vapeur.

	Sucrerie de Chazelles.	Sucrerie de Bellevue.
Sulfate de chaux.	71,9	61,37
Sulfate de magnésie.	2,3	»
Sable et argile.	2,5	2,58
Alumine, oxyde de fer et phosphate de chaux. . .	0,8	0,90
Eau et matières organiques azotées (1).	22,4	35,40
	99,9	100,25

(1) Je crois devoir ajouter que dans les cals de la sucrerie de Chazelles les matières organiques étaient en proportion insignifiante.

Évaporation à feu nu.

	Sucrerie Lemesle.	Sucrerie Charropin.	Sucrerie Boismorin.	Sucrerie de Clugny.
Sulfate de chaux.	4,17	1,25	2,48	37,52
Phosphate de chaux. . . .	3,66	3,98	16,13	7,29
Chaux libre.	1,74	3,85	»	8,48
Magnésie.	1,22	0,96	1,13	4,24
Sable et argile.	0,23	1,08	0,65	7,62
Alumine et oxyde de fer. .	0,45	1,35	0,63	1,12
Eau et matières organiques.	88,40	87,50	78,80	33,70
	99,87	99,97	99,82	99,97

Ainsi, en laissant de côté l'eau et les matières organiques, on voit que les cals fournis par l'évaporation à la vapeur sont formés essentiellement de sulfate de chaux, et ceux obtenus à feu nu, de sulfate de chaux mélangé en quantités variables de substances insolubles telles que le phosphate de chaux, la chaux et la magnésie. Cette différence capitale, surprenante au premier abord, est cependant facile à expliquer, et les renseignements que j'ai recueillis sur le mode d'opérer aux Antilles, dans ces deux sortes d'usines, rendent parfaitement compte de la présence des matières insolubles dans les cals de la deuxième catégorie.

En effet, dans les sucreries à la vapeur, une fois la défécation achevée, le manufacturier prend soin de laisser reposer quelques instants le vesou, de le soutirer par la partie inférieure de la chaudière, et enfin de le faire passer sur des filtres remplis de gros noir, avant de l'envoyer aux chaudières d'évaporation, tandis que dans les sucreries à feu nu, aussitôt la défécation faite, avant même qu'elle soit entièrement terminée, on envoie aux chaudières un jus trouble dont les composés insolubles n'ont pu être éliminés et qui viennent, plus tard, augmenter les incrustations des parois.

Ce point établi, il s'agissait de rechercher l'origine du sulfate de chaux, du phosphate de chaux et de la magnésie. La présence de cette dernière base m'a fait penser que la chaux employée à la défécation pourrait bien être la source des matières qui constituent le cal. En effet, le calcaire employé aux Antilles françaises est un madrépore (*madrepore lactuca*) dans lequel il était naturel de soupçonner la présence des composés ci-dessus. Soumis à l'analyse, ce madrépore a donné les nombres suivants :

Eau et matières organiques.	26,90
Chaux.	49,76
Magnésie.	1,68
Alumine et oxyde de fer.	0,29
Acide carbonique.	19,10
Acide sulfurique.	0,75
Acide phosphorique.	0,05
Chlore.	0,60
	99,13

Ce qui donne, pour la chaux fournie par sa calcination, la composition :

Chaux vive.	93,62
Magnésie.	3,19
Sulfate de chaux.	2,43
Phosphate de chaux.	0,22
Alumine et oxyde de fer.	0,54
	100,00

Ainsi donc, la chaux employée à la défécation renferme une quantité notable (près de 3 pour 100) de sulfate de chaux et une proportion encore plus forte de magnésie : il est donc facile d'expliquer, par son emploi, la présence de ces deux éléments constitutifs du *cal*, mais il n'en est pas de même pour le phosphate de chaux, et la faible quantité de ce corps que renferme le madrépore dont il s'agit ne saurait évidemment être la cause du dépôt considérable de phosphates qui s'opère pendant l'évaporation à feu nu.

Une seule autre origine pouvait dès lors être invoquée, et je me suis ainsi trouvé conduit à rechercher dans le jus sucré lui-même la source des phosphates. N'ayant point la possibilité de me procurer, au moment où j'ai exécuté ces recherches, les échantillons de vesou nécessaires à cette étude, j'ai fait appel à l'obligeance de M. Peligot, qui a bien voulu me communiquer l'analyse inédite que je transcris ci-dessous et qui indique la composition en centièmes des cendres du jus de cannes :

Silice.	10,1
Phosphates terreux.	21,2
Carbonate de chaux.	20,7
Sulfate de chaux.	7,2
Carbonate de magnésie.	14,7
Carbonate de potasse.	26,1
	100,0

On voit donc que la plus grande partie des phosphates terreux est fournie par le jus de canne lui-même, et si l'on compare l'analyse ci-dessus avec celle de la chaux employée à la défécation, si d'ailleurs on considère que 100 kilogrammes de jus exigent de 300 à 500 grammes de chaux, et que, d'après les travaux de M. Peligot, ces 100 kilogrammes de jus peuvent fournir environ 150 kilogrammes de cendres, on reconnaît que, dans 100 kilogrammes de jus de canne au moment de la défécation, figurent 1° comme substance soluble 18 à 25 de sulfate de chaux fournis moitié par le jus, moitié par la chaux, 2° comme substances insolubles 32 grammes environ de phosphates apportés par le jus, 30 à 40 grammes de magnésie provenant partie du jus, partie de la chaux, et enfin tout l'excès de chaux qui a pu être entraîné à l'état insoluble par les matières organiques.

Pour débarrasser le vesou de toutes ces matières qui concourent simultanément à former le *cal*, il faut :

1° Filtrer le jus, une fois la défécation terminée, de manière à séparer toutes les

matières insolubles, chaux, magnésie et phosphates, ainsi que cela se pratique dans les usines où l'évaporation a lieu par la vapeur ;

2° Employer une chaux exempte de sulfate ;

3° Précipiter le sulfate de chaux apporté par le vesou au moyen d'un réactif convenable ; le carbonate d'ammoniaque (sel volatil d'Angleterre) me paraît répondre convenablement à cet emploi. Ajouté au vesou, à la dose de 7 grammes environ pour 10 grammes de sulfate de chaux reconnu et dosé dans ce liquide, il donnera naissance à du carbonate de chaux insoluble facile à séparer par le filtre, et à une quantité correspondante de sulfate d'ammoniaque qui ne saurait exercer sur le jus aucune action nuisible. En effet, grâce à sa solubilité, ce sel sera entraîné dans les mélasses, et d'autre part j'ai reconnu, par l'expérience directe, que sa présence active la cristallisation du sucre, plutôt qu'elle ne la contrarie.

L'excès de carbonate d'ammoniaque, si l'addition de ce réactif avait été trop forte, ne présente, d'ailleurs, aucun danger car l'ébullition l'a bientôt fait disparaître à l'état d'acide carbonique et d'ammoniaque.

Il est certain que, en opérant ainsi, les sucreries où l'évaporation a lieu par la vapeur éviteront complètement la formation du cal, et que celles qui emploient encore le chauffage à feu nu le verront diminuer considérablement, puisqu'il sera alors privé complètement de matières minérales et dû exclusivement aux portions de sucre qui viendront, malgré tout, se carboniser contre les parois des chaudières.

MÉTALLURGIE.

SUR LA FABRICATION DES RAILS EN ACIER ET DES PLAQUES DE BLINDAGE POUR NAVIRES,
PAR M. JOHN BROWN DE SHEFFIELD (1).

Rails en acier.

Une des parties les plus onéreuses de l'entretien des chemins de fer est, sans contredit, celle qui comprend le renouvellement des rails ; on doit donc donner toute son attention aux différentes méthodes qui ont été proposées pour prolonger la durée de ces bandes de fer. L'expérience a si bien démontré la nécessité de cette prolongation, qu'aujourd'hui, toutes les fois qu'il s'agit de fabriquer des rails, le travail n'est jamais commencé avant qu'on n'ait déterminé préalablement et la qualité de la matière et la méthode de faire les paquets.

Aucune des méthodes de fabrication jusqu'ici employées ne pouvant donner aux rails une dureté suffisante pour résister à l'action écrasante des locomotives mo-

(1) Extrait d'un mémoire lu par l'auteur à la Société des Ingénieurs-Mécaniciens.

dernes, on a fait, pour atteindre ce desideratum, de nombreux essais, au nombre desquels et parmi les plus importants on doit citer : 1° celui qui consiste à faire en acier la surface de roulement, en introduisant dans le paquet un barreau d'acier qui se soude ensuite au laminoir et fait corps avec le rail ; 2° celui par lequel on fait subir au rail ordinaire, dans un four spécial, une opération qui a pour but de cémenter extérieurement toute la partie qui fatigue le plus. Ces deux procédés, qui comptent un certain nombre de partisans, ne remplissent cependant qu'imparfaitement leur but. Ainsi on peut leur reprocher qu'en durcissant seulement l'enveloppe du rail ils n'empêchent pas le corps même de ce rail de céder à la pression énergique des roues ; l'aplatissement et le fendillement sont un peu diminués, et, bien que la durée du rail soit effectivement prolongée, en tout cas l'estimation de cette durée est incertaine. Il faut encore citer le rail en acier puddlé, mais on peut lui adresser les mêmes reproches ; il a une durée très-variable et se montre trop cassant pour offrir une sécurité complète. Cette variabilité de qualité est le résultat inévitable du mode actuel de fabrication, et, bien qu'on produise de temps en temps de très-bons rails, le défaut de certitude des procédés en diminue considérablement la valeur.

Cependant on doit reconnaître que le système Bessemer a permis d'obtenir une matière homogène, dure et élastique, pouvant convenir parfaitement à la confection des rails. Sans doute le prix auquel ils reviennent aujourd'hui en limitera encore l'emploi pendant un certain temps, mais il est incontestable qu'il y aurait déjà, pour les compagnies de chemins de fer, une économie à réaliser en les appliquant sur tous les points de croisement où le trafic est assez considérable pour nécessiter, en moyenne quatre fois par an, le renouvellement du matériel fixe de la voie. Avec des rails en acier fondu fabriqués par la méthode Bessemer, on éviterait cet inconvénient.

Dans cette méthode, la fonte est amenée à l'état liquide dans un fourneau à réverbère et de là introduite dans l'appareil spécial, où elle est soumise, pendant vingt minutes environ, à l'action d'un vent énergique qui la décarbure. On ajoute ensuite une petite quantité de fonte liquide contenant une proportion déterminée de carbone, et l'on coule le métal dans des lingotières au moyen d'une poche munie, dans le fond, d'une soupape qui empêche les crasses de passer (1). Les lingots sont coulés suivant le poids et la forme nécessaires pour la production de chaque genre de rail. Ainsi, pour un rail de 6 yards (5^m,48) pesant 84 livres par yard (41^k,63 par mètre linéaire), il faut un lingot de 9 pouces carrés (58,06 cent. carrés) sur 26 pouces de long (0^m,66), qu'on réduit d'abord au marteau à une section de 6 pouces carrés (36,70 cent. carrés) sur 5 pieds de long (1^m,52), et qu'on passe ensuite au laminoir à la manière ordinaire. Il est évident que la longueur du rail ainsi obtenu n'est

(1) Cette description du procédé Bessemer n'étant évidemment que sommaire, nous rappellerons que le *Bulletin* a publié à cet égard un mémoire pour lequel nous renvoyons au t. VII, 2^e série, 1860, p. 528.

limitée que par le poids du lingot coulé, ou par les dimensions du laminoir et du four à réchauffer. Il est, en effet, aussi facile de produire des rails longs que des courts, et, sous ce rapport, ce procédé a plus d'avantage que la méthode en paquet.

Quant à la matière elle-même, sa parfaite homogénéité n'accuse point de trace de criques pendant le laminage; son élasticité est démontrée par la facilité avec laquelle elle se laisse tordre et courber à froid; enfin sa résistance à la rupture par traction directe dépasse 40 tonnes par pouce carré (62^k,94 par millim. carré).

L'emploi des rails en acier fondu n'est pas chose entièrement nouvelle, car il y a plusieurs années qu'on en a fait quelques-uns à l'usine d'Ebbw-Vale, et qu'on les a posés au pont situé à l'extrémité nord de la station de Derby; or ces rails sont encore aujourd'hui parfaitement sains, tandis que ceux qui les avoisinent ont été déjà remplacés plusieurs fois. Malheureusement ils ont coûté fort cher, parce que l'acier fondu avait été fabriqué par les anciens procédés, et dans ces conditions il n'était pas possible d'en faire une application générale. Quoi qu'il en soit, l'expérience faite à Ebbw-Vale a démontré clairement la résistance à l'usure des rails en acier, et la découverte du procédé Bessemer doit permettre aujourd'hui d'arriver à établir réellement une *voie permanente* (1).

(1) M. Brown a montré pendant la séance plusieurs échantillons de rails en acier Bessemer, les uns cassés à dessein pendant le laminage pour montrer la qualité du grain, les autres ployés en deux à froid et ne présentant aucune fracture, un autre enfin de l'espèce double champignon provenant d'un morceau d'acier de 75 livres (33^k,95) réduit à chaud par le laminage à une section de 1 pouce carré (6^c2,45) et tordu ensuite à froid sans montrer aucune trace de gercure ou de fendillement. Il ajoute que, jusqu'ici, on en a employé principalement sur le continent, mais que, cependant, les plus longs ont été posés, il y a quelques mois, à la nouvelle station du chemin de fer de Pimlico, à Londres, où l'on a placé en même temps une série de pointes d'aiguilles et de croisements de voies qui n'ont pas cessé de se comporter parfaitement bien et sont encore en aussi bon état que le premier jour. Plus récemment on en a fait l'application sur les chemins de fer de Calédonie, du Lancashire et Yorkshire, du London et North Western et sur celui du Rhymney; la pose de ces rails est encore trop récente pour qu'on puisse se prononcer sur leur durée. En résumé, les rails Bessemer sont moins cassants et beaucoup plus durs que ceux en fer, comme le témoignent les échantillons présentés. Leur prix est, il va sans dire, plus élevé que celui des rails ordinaires et s'oppose, par conséquent, à leur emploi général sur les chemins anglais; il est de 18 livres 10 sch. la tonne (462^f,50). Mais sur le continent, où ce prix s'augmente de 5 ou 6 livres et varie de 587^f,50 à 612^f,50, M. Brown pense que les compagnies préféreront payer leurs rails cher, pourvu qu'elles soient assurées de leur durée, et à cet égard, bien que les expériences ne portent pas sur une assez longue période de temps, il estime que les rails Bessemer dureront au moins cinq fois autant que les autres.

Ces rails permettent une réduction de poids d'environ un tiers sur les rails ordinaires. Ceux à double champignon, du poids de 75 livres par yard (37^k,15 par mètre), ont subi quelques essais à la presse hydraulique. Placés librement sur deux supports distants de 3 pieds (0^m,914), ils ont résisté sans se fendiller à un effort de 80 tonnes exercé en leur milieu, en accusant seulement une flexion de 2,75 à 3 pouces (0^m,069 à 0^m,076).

Plaques de blindage.

L'auteur regarde le sujet comme devant être abordé avec une certaine défiance, car il s'agit d'une question dont les conditions sont encore imparfaitement déterminées, ainsi que l'ont démontré énergiquement les expériences de guerre dont nous avons été récemment témoins. Si d'un côté aucune limite n'a été assignée à la puissance que l'artillerie moderne pourra atteindre dans l'avenir, de l'autre l'impénétrabilité absolue des plaques de blindage n'a pas été considérée encore comme une chose impossible à réaliser. Le problème que le maître de forge a à résoudre est donc de produire ces plaques, en cherchant à leur donner à la fois les plus grandes dimensions et le maximum de résistance.

Jusqu'ici le travail des grandes masses de fer s'est fait soit au marteau-pilon, soit au laminoir. Avec le premier, la plaque est obtenue en soudant ensemble les loupes ou paquets de riblons de fer, chaque paquet étant ajouté et soudé à l'une des extrémités de la plaque jusqu'à ce qu'elle atteigne la longueur voulue. On a fait, aux produits ainsi obtenus, le grave reproche d'être cassants, défaut que peut, en quelque sorte, expliquer leur mode de fabrication. En effet, il ne peut guère y avoir de continuité dans les fibres d'une plaque forgée avec des paquets de riblons, possédant probablement des qualités et des températures différentes; en outre, la manière dont ces paquets se soudent les uns aux autres, les refroidissements et les chaudes alternatives que la plaque est obligée de subir, sont peu favorables à la ténacité qu'elle doit posséder.

Au contraire, suivant M. Brown, les plaques obtenues au laminoir sont trouvées plus résistantes et de qualité plus homogène. La façon ne diffère pas de celle des grandes tôles, mais les difficultés qu'elle présente n'en sont pas moins grandes en raison du poids et de la dimension considérables des plaques, et eu égard à la température presque intolérable à laquelle le métal doit être porté au laminoir.

Les dimensions généralement exigées pour les plaques des frégates cuirassées sont de 15 à 18 pieds (4^m,57 à 5^m,48) pour la longueur, 2 pieds 6 pouces à 3 pieds 10 pouces (0^m,76 à 1^m,16) pour la largeur et 4,50 pouces (0^m,113) pour l'épaisseur. Brutes, elles pèsent de 4 à 7 tonnes, tandis que, finies, leur poids n'est plus que de 5 à 5,50 tonnes; dans ce dernier état on les rogne de 3 à 4 pouces (0^m,076 à 0^m,10) sur les côtés, et de 10 à 12 pouces (0^m,253 à 0^m,304) à chaque extrémité; sous le rapport du déchet, le procédé de fabrication au marteau a l'avantage sur celui du laminoir. Voici comment on procède pour fabriquer une plaque du poids de 5 tonnes :

On prend des barres en fer laminé de 12 pouces (0^m,304) de large sur 1 pouce (0^m,025) d'épaisseur, et on les coupe toutes à la longueur de 30 pouces (0^m,760); on en fait des paquets de 5 barres chacun et on soude séparément deux de ces paquets au laminoir, de manière à obtenir deux plaques rudimentaires. Ces deux plaques sont alors réunies et laminées en une seule d'une épaisseur de 1,25 pouce (0^m,031), qu'on recoupe de manière à lui donner une surface de 4 pieds carrés (0^m²,37). On réunit

ensuite quatre plaques semblables à cette dernière et on en fait une nouvelle de 8 pieds par 4 pieds ($2^m,44$ par $1^m,22$) sur 2,50 pouces ($0^m,063$) d'épaisseur; puis, en dernier lieu, quatre de ces nouvelles plaques sont à leur tour passées ensemble au laminoir et fournissent la plaque définitive. Ces différentes opérations réunissent, comme on le voit, 160 épaisseurs de barres de 1 pouce réduites à l'épaisseur finale de 4,50 pouces, c'est-à-dire à une épaisseur 35 fois moindre; on voit également que le laminoir a soudé de 3,500 à 4,000 pieds carrés ($325^m^2,15$ à $371^m^2,60$) de surface métallique. Il n'est donc pas surprenant que, malgré les plus grands soins, on soit quelquefois obligé de rejeter des plaques pour des soufflures ou des parties mal soudées; c'est là le principal écueil de cette fabrication, et il n'est pas mince; d'ailleurs plus les dimensions et le poids à donner sont considérables et plus la réussite est difficile.

Le dernier travail, qui consiste à souder ensemble les quatre plaques de 8 pieds, est des plus délicats. Il faut, en effet, porter ces quatre plaques réunies en paquet à la température la plus favorable à laquelle le métal se soude, et élever toute la masse au même degré de chaleur sans brûler les bords qui sont les plus exposés au feu. Il faut, en outre, sortir cette masse du four, l'amener aux laminoirs, la faire passer entre les cylindres, et tout cela assez rapidement pour éviter que la chaleur soudante ne vienne à baisser d'une manière sensible. Si l'on ajoute à ces détails que la chaleur du métal est presque insupportable, et qu'une perte de temps de quelques minutes, dans le trajet qui doit se faire du four aux laminoirs, peut compromettre le succès, on comprendra que l'opération est bien plus difficile à pratiquer qu'on ne se l'imagine.

Dans son usine de Sheffield M. Brown a adopté les dispositions suivantes : le paquet des quatre plaques de 8 pieds est chauffé dans un four spécial d'où il est retiré, au moyen d'une chaîne, pour être placé sur un chariot en fer qui parcourt un petit chemin de fer allant aux laminoirs. En arrivant devant ceux-ci, le chemin de fer se relève par une légère rampe, en sorte que l'avant du chariot est forcé de monter et vient de lui-même présenter sa charge sur la table qui fait face à l'entrée des cylindres. Le paquet passe alors dans le laminoir et est reçu de l'autre côté sur un châssis à rouleaux très-incliné, qui facilite son retour. Aussitôt le mouvement en sens inverse est donné aux cylindres du laminoir, et la plaque déjà ébauchée revient sur le chariot. Ce va-et-vient se répète jusqu'à ce que l'épaisseur de 10 pouces ($0^m,254$) du métal soit réduite à 4,50 pouces ($0^m,114$). A ce moment, la plaque est enlevée du chariot par une grue et déposée sur une table de planage en fonte massive, où elle est soumise à l'action d'un cylindre en fer de 9 tonnes, manœuvré à la main au moyen de leviers, et ayant pour but de faire disparaître la courbure donnée par le laminoir. Dès que la plaque est suffisamment refroidie, elle est soulevée par une autre grue et livrée à une machine à raboter qui en régularise les côtés et les extrémités. A l'usine de Sheffield, avec une seule paire de laminoirs on fait, par journée de 12 heures, trois plaques du poids de 5 à 6 tonnes; cette production pourrait, sans doute, être doublée si on travaillait jour et nuit, mais il faudrait alors un second four pour alterner avec le premier et permettre les réparations nécessaires sans qu'il y eût interruption.

A la suite de cette communication, quelques observations ont été faites, parmi lesquelles il n'est pas sans intérêt de rapporter celles de M. W. Armstrong qui présidait la séance où l'auteur a lu son mémoire.

Ainsi M. Brown, ayant ajouté que, dans des expériences faites à Portsmouth et à Shoeburyness, ses plaques s'étaient comportées d'une manière assez satisfaisante sans cependant résister complètement au choc du boulet, M. Armstrong a répondu qu'il ne croyait pas que le laminage exerçât une pression suffisante pour réaliser un soudage complet et une exclusion absolue des impuretés adhérentes aux tôles et, par conséquent, pour obtenir des plaques d'une texture homogène. Les meilleures plaques qu'il a vues jusqu'ici sont celles qui ont été forgées au marteau, mais il pense qu'il y aurait lieu d'essayer si l'acier Bessemer ne donnerait pas, comme dans le cas des rails, de meilleurs résultats. Quant à l'emploi du marteau-pilon qu'il préconise pour la fabrication, son opinion est qu'il vaut mieux donner plus de poids à la masse que de faire agir la vapeur en dessus du piston pendant la chute, artifice qui ne fait qu'augmenter la fréquence des coups sans augmenter la masse du marteau, et qui ne doit convenir qu'à la confection de pièces légères. (M.)

NOTICES INDUSTRIELLES

EXTRAITES DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Blanchiment des peaux de chèvre. — Ce blanchiment est long et difficile en hiver, lorsque l'on ne recourt pas aux procédés chimiques. On a donc coutume d'employer l'acide sulfureux, mais on peut obtenir un résultat encore meilleur au moyen de l'hypochlorite de soude (eau de javelle) suffisamment étendu et parfaitement neutre. Par ce moyen, les peaux sont complètement blanchies en deux jours. On peut préparer cette solution comme il suit : on mêle 2 parties de chlorure de chaux avec 20 parties d'eau, et, après avoir suffisamment agité pendant quelque temps, on laisse reposer le tout et l'on décante. Quand la liqueur est bien claire, on y verse 2 parties 1/2 de sulfate de soude dissoutes dans 10 parties d'eau. On sépare le sulfate de chaux qui se précipite, tandis que l'hypochlorite de soude reste en solution. Après avoir bien éclairci le liquide, qui ne doit plus retenir de chaux, on y plonge les peaux jusqu'à ce qu'elles soient blanches, ce qui exige environ 2 jours. On les lave ensuite, et, pour leur donner de la douceur, on les immerge dans une solution étendue et tiède de savon fabriqué avec de l'huile. (*Deutsche Industriezeitung*, et *Dingler's polytechnisches Journal*.)

Note sur quelques usages chimiques de la paraffine, par M. le docteur A. Vogel. — Comme on trouve maintenant, même dans le commerce en détail, la paraffine à des prix peu élevés, il est probable qu'à son emploi pour l'éclairage viendront

bientôt s'ajouter d'autres usages économiques. En effet, elle supporte, sans altération, le contact du chlore, des alcalis caustiques ou des acides, et l'on peut même, sans la décomposer, la distiller avec l'acide sulfurique concentré. Aussi cette stabilité remarquable, à laquelle elle doit son nom, la rend-elle propre à beaucoup d'emplois dans la chimie technique.

L'auteur croit donc utile d'appeler l'attention sur un certain nombre d'applications dont il a eu occasion d'essayer une partie, et il en indique d'autres comme objet de recherches futures.

On sait que l'huile, lorsqu'on la chauffe, même sans élever la température beaucoup au-dessus de celle de l'eau bouillante, répand une odeur désagréable et incommode. On a donc commencé, depuis quelque temps, de remplacer les bains d'huile par des bains de paraffine, et cette substitution est recommandée dans l'introduction à l'analyse quantitative de M. Frésenius. Pour cet usage, la paraffine l'emporte beaucoup sur l'huile, car, abstraction faite de la plus grande propreté, puisqu'elle ne tache pas les tables comme l'huile, on peut la chauffer plusieurs fois et longtemps jusqu'à près de 300° centig., sans qu'elle subisse, comme l'huile, une décomposition. Cette dernière, chauffée souvent, noircit et devient épaisse, tandis que la paraffine reste fluide, parfaitement limpide, et ne se colore pas, ce qui permet de voir très-bien les appareils que l'on a plongés dans le bain. A moins qu'elle ne bouille, la paraffine ne répand dans l'air que des vapeurs blanches, presque sans odeur et peu abondantes. Ce n'est qu'à une température très-élevée, à plus de 300 centig., qu'elle se volatilise sans se décomposer. Comme elle fond à 45° centig., on peut y plonger les vases en verre qui contiennent les substances à dessécher, sans crainte de les casser. Après l'expérience, on nettoie, comme pour l'huile, les vases avec de la benzine dans laquelle la paraffine est soluble. L'auteur, depuis plusieurs mois, pour sécher des produits, se sert d'un vase en cuivre, d'environ 1/2 litre de capacité, contenant 300 grammes de paraffine, et n'a point encore observé de changement dans la nuance ou la composition de cette matière, quoiqu'il l'ait soumise nombre de fois, pendant longtemps, à une température de plus de 250° centig.

Le papier à filtre, trempé dans la paraffine liquéfiée, supporte, pendant des semaines entières, l'immersion dans l'acide sulfurique concentré, sans éprouver la moindre altération. La paraffine peut donc être avantageusement employée pour enduire les étiquettes en papier des flacons qui contiennent des acides, étiquettes qui sont ordinairement très-peu durables, même lorsqu'elles sont couvertes d'un enduit résineux. Pour empêcher la matière de pénétrer dans le papier, qu'elle rendrait transparent, il convient, après avoir collé et laissé sécher les étiquettes sur les flacons, de les enduire d'une solution un peu étendue de gomme arabique, de les laisser de nouveau sécher et de les couvrir ensuite de paraffine chauffée à 100° centig. environ, parce que, si la température était moindre, la couche serait trop épaisse.

La paraffine résiste aussi à l'acide fluorique, et ce n'est qu'à l'aide de la chaleur que cet acide, contenant de l'acide sulfurique, la noircit légèrement. On peut donc conserver l'acide fluorique dans des flacons de verre dont l'intérieur est enduit d'une lé-

gère couche de cette substance. Le moyen le plus simple de préparer ces flacons est de les faire chauffer, d'y verser la paraffine fondue que l'on étend partout en agitant le flacon, de retirer l'excès, de bien égaliser la couche par le mouvement, et de la fixer en plaçant le flacon dans l'eau froide. Cette substance paraît adhérer fortement aux parois en verre; au moins l'auteur, après plusieurs semaines, n'a-t-il pu apercevoir aucun point d'où elle se fût détachée.

Les éponges et le papier imbibés de paraffine sont, sous le rapport de la stabilité, préférables à ces mêmes corps imprégnés de cire.

La paraffine paraît aussi pouvoir être utile pour la conservation des fruits. Des pommes et des poires que l'on a plongées dans un bain de cette matière, et qui en ont entraîné une couche, se sont maintenues dans toute leur fraîcheur pendant plusieurs mois. De nouvelles observations feront voir jusqu'à quel point ce moyen réussirait pour la conservation des fruits très-juteux, des œufs, etc.

Enfin M. le professeur de Kobell a indiqué à l'auteur une nouvelle application de la paraffine, consistant à effectuer, sous la protection d'une couche de cette matière, la dissolution, dans les acides, des corps facilement oxydables. Comme on le sait, la dissolution des minéraux qui contiennent de l'oxyde magnétique de fer doit avoir lieu dans une atmosphère d'acide carbonique, ou bien au moyen de l'appareil de Mohr, afin d'empêcher l'accès de l'oxygène de l'air. C'est avec les mêmes précautions qu'il faut traiter les minerais de fer par l'acide chlorhydrique et le zinc pour les titrer au moyen du caméléon. Or ces opérations peuvent très-bien s'exécuter dans une capsule ordinaire de porcelaine, où l'on place avec les autres substances quelques morceaux de paraffine qui se fondent et couvrent la surface. L'auteur, par des expériences répétées, s'est assuré que la dissolution se fait ainsi parfaitement à l'abri de l'action de l'air sous la couche de paraffine. Lorsque cette couche s'est solidifiée par le refroidissement, elle met encore les liquides si bien à l'abri du contact de l'air, qu'une solution de protochlorure de fer traitée par le zinc, n'a laissé au bout de plusieurs jours, apercevoir aucune altération. Comme la paraffine n'éprouve aucune action de la part du caméléon, on peut, sans inconvénient, l'agiter dans un verre, avec la solution que l'on veut titrer. (*Dingler's polytechnisches Journal.*)

Sur de nouveaux procédés de gravure et de reproduction des anciennes gravures, par M. E. Vial. — « Mon mémoire se divise en trois parties.

« La première repose : 1° sur les précipitations métalliques ; 2° sur l'affinité des acides pour les différents métaux. Elle consiste à faire sur papier un dessin qu'on décalque ensuite sur métal par application humide, ou mieux encore à dessiner directement sur le métal avec une encre métallique formée, par exemple, d'un sel de cuivre en dissolution pour l'acier et pour le zinc, d'un sel de mercure pour le cuivre, d'un sel d'or pour l'argent, etc., etc., à graver ensuite par acide approprié.

« C'est ainsi qu'un dessin fait avec une encre de sulfate de cuivre et décalqué sur acier peut donner instantanément une gravure en taille-douce sans morsure ultérieure à l'acide.

« C'est encore ainsi qu'un dessin fait sur zinc avec une encre formée d'un sel de cuivre permet une morsure en relief à l'acide; le cuivre jouant dans ce cas sur zinc le rôle d'un vernis protecteur, par suite des affinités que l'acide azotique possède pour le zinc, relativement au cuivre.

« La deuxième partie comprend la reproduction des anciennes gravures, sans altération de l'original, et elle s'applique aux gravures qui n'ont pas été recouvertes d'un enduit spécial pour les besoins publics; elle renferme deux procédés.

« A. Le premier repose : 1° sur l'antipathie de l'eau pour les corps gras; 2° et, comme le précédent, sur les précipitations métalliques et l'affinité des acides pour les métaux.

« En effet, une gravure est imprégnée, par son verso, d'une dissolution cuprique et le liquide aqueux ne pénètre qu'autour des traits formés d'encre grasse. Tout autre sel métallique approprié, sel de plomb, de bismuth, d'argent, etc., produirait le même effet. L'épreuve est alors retournée par son recto sur une planche de zinc par exemple, et soumise à une pression uniforme. Le sel est aussitôt décomposé, réduit et précipité sur la planche qu'il recouvre en entier, sauf à l'endroit des traits, de manière à donner une image négative en relief, représentant avec la plus grande exactitude le dessin qui a servi à la produire. Il suffit de quelques secondes pour obtenir cet effet. La photographie n'opère pas avec plus de promptitude ni plus de fidélité : on peut déjà en tirer des épreuves négatives.

« Pour avoir une gravure en taille-douce, il suffit de plonger la planche dans un bain d'acide azotique qui creuse le zinc et respecte le cuivre.

« B. Le deuxième procédé repose : 1° sur les transports; 2° comme les précédents, sur les précipitations métalliques et l'affinité des acides; 3° enfin sur les phénomènes de l'électro-chimie.

« On fait sur acier un transport, on décalque d'une ancienne gravure au moyen d'un savon de térébenthine ou de pétrole appliqué sur l'épreuve, et on plonge la planche dans un bain acide de sulfate de cuivre qui se précipite sur l'acier avec son brillant métallique, tout en respectant les traits, de telle sorte que le cuivre sert alors de vernis, tandis que l'acier, ayant pour l'acide plus d'affinité que le cuivre, est mordu sous le dessin avec autant d'instantanéité que le dépôt a eu lieu. Le problème se résume alors en ces deux mots : couvrir et mordre en même temps.

« Enfin la troisième partie n'est que l'extension du dernier procédé, qui constitue un nouveau genre de gravure. Elle consiste à faire sur acier un transport autographique, lithographique ou autre, non plus avec un savon de térébenthine, mais à l'encre grasse, à faire un dessin héliographique au bitume de Judée, ou photographique au perchlorure de fer, à dessiner sur acier à l'encre de Chine, au crayon noir, à la mine de plomb, à peindre à l'huile ou au pastel, à dessiner au perchlorure de fer ou à l'acide, en un mot avec tout corps susceptible de résister au dépôt du cuivre sans s'opposer à l'attaque de l'acide, ou avec tout corps susceptible de dépolir l'acier par parties qui se graveront ensuite lorsqu'on mettra la planche dans un bain acide de sulfate de cuivre. » (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences.*)

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION.

PROCÈS-VERBAUX.

Séance du 11 février 1863.

M. Dumas, Président, occupe le fauteuil.

NÉCROLOGIE. — **M. le Président** annonce à la Société la perte regrettable qu'elle vient de faire de **M. J. F. Saulnier**, membre honoraire du comité des arts mécaniques.

Avant de faire partie du Conseil, qui le reçut en 1831, **M. Saulnier** s'était fait remarquer par ses constructions mécaniques, dont quelques-unes lui avaient valu successivement les médailles d'argent et d'or de la Société.

CORRESPONDANCE. — **M. A. Chevallier**, membre du comité des arts chimiques, fait hommage de plusieurs exemplaires d'une note qu'il vient de publier sur divers travaux de feu le baron Thénard et destinée à prouver, contrairement à des assertions récentes, que l'illustre chimiste avait embrassé dans la vaste série de ses recherches non-seulement des questions industrielles, mais encore des questions d'hygiène et de chimie médicale.

M. Baudin, constructeur d'instruments de physique et de météorologie, rue des Grès, 16, par l'intermédiaire de **M. Félix Leblanc**, membre du Conseil, présente quelques instruments nouveaux en verre, tels qu'aréomètre, densimètre, etc. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. Moufflet, ferblantier, à Orléans, rue Sainte-Catherine, sollicite l'examen d'un appareil à cuire les betteraves, et joint à sa demande la copie d'un rapport fait sur cet appareil par une commission du comice agricole de l'arrondissement d'Orléans. (Renvoi au comité d'agriculture.)

M. Largefeuille, à Paris, rue Sainte-Foy, appelle l'attention du Conseil sur son système de télégraphie souterraine et sous-marine, dont il donne les plans et description.

M. Largefeuille présente en même temps un timbre de son invention, destiné à rendre les lettres indécachetables.

(Renvoi au comité des arts économiques.)

M. L. Maiche, rue Saint-Louis, au Marais, 4, soumet à l'appréciation de la Société un modèle de pile électrique, pour lequel il a pris un brevet d'invention. (Renvoi au même comité.)

M. Tavernier, rue Meslay, 53, par l'intermédiaire de **M. Barreswil**, membre du Conseil, demande l'examen d'un système de bouchage, consistant en un anneau de caoutchouc vulcanisé logé entre le col du vase et le bouchon. (Renvoi au même comité.)

M. Bance, rue des Deux-Ponts, 20, soumet à l'appréciation du Conseil un appareil qu'il appelle *barémomètre*. (Renvoi au même comité.)

M. *Stewart* (*William*), ingénieur civil, rue Beauregard-des-Martyrs, 4, dépose, en en demandant l'examen, la description d'un bateau à vapeur à chaîne-propulseur pour les canaux et les rivières de peu de profondeur. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

MM. *Dupuis*, *Rabouin-O' Sullivan* et *G. A. Leroyer*, à Vincennes, par l'intermédiaire de M. Armengaud aîné, ingénieur civil, présentent un instrument de topographie remplaçant à lui seul le niveau, le graphomètre et l'équerre. (Renvoi au même comité.)

M. *Postel* (*Ambroise*), constructeur de métiers à tisser, à Domelier (Oise), soumet un système de métier à armures propre au tissage de toutes espèces d'étoffes, et informe qu'un modèle de cette espèce fonctionne à Amiens dans les ateliers de M. *Ferguson*, manufacturier, secrétaire du comité des fils et tissus de la Société industrielle de cette ville. (Renvoi au même comité.)

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du comité d'agriculture et pour M. *Moll*, empêché, M. *Huzard* donne lecture d'un rapport sur les boîtes à lait présentées par M. *Boulanger*, ferblantier, à Paris. (Insertion au *Bulletin* avec dessin.)

COMMUNICATIONS. — Au nom de M. *Dulos*, graveur, rue des Mathurins-Saint-Jacques, 11, M. *Dumas*, Président, explique le nouveau procédé de gravure en creux et en relief imaginé par cet artiste, procédé ayant pour but d'arriver directement au cliché métallique et basé sur l'observation des phénomènes capillaires suivants :

Si l'on verse du mercure sur une surface d'argent posée de niveau et sur laquelle on a préalablement tracé quelques lignes avec un vernis, il se forme, à droite et à gauche de chaque ligne, deux ménisques convexes, et le mercure s'élève d'une certaine hauteur au-dessus de la surface de l'argent. La même expérience peut se faire sur une surface de verre dépoli, en traçant les lignes avec un corps gras et en jetant de l'eau sur toute la surface.

(Renvoi à la commission des beaux-arts appliqués à l'industrie.)

MM. *Largefeuille*, *Baudin* et *Moufflet* donnent successivement des explications sur les divers objets qu'ils présentent, et dont l'énoncé a été donné plus haut dans la correspondance.

M. *Guérin-Méneville* donne lecture d'une note sur le dévidage industriel des cocons de l'ailante. (Renvoi au comité d'agriculture.)

NOMINATION DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Le Conseil de la Société d'encouragement, voulant reconnaître les services désintéressés que lui rend M. *Le Neve Foster*, secrétaire de la Société des arts de Londres, lui confère le titre de membre correspondant.

Séance du 25 février 1863.

M. *Dumas*, Président, occupe le fauteuil.

CORRESPONDANCE. — M. *Laurent* père, à Romanèche (Saône-et-Loire), par l'intermédiaire de M. *Jacquelain*, membre du Conseil, présente un spécimen d'appareil destiné à administrer, à domicile, des bains de vapeur ou des fumigations sèches. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Boland*, ingénieur civil, membre de la Société, rue et île Saint-Louis, 52, adresse une lettre, dans laquelle il revendique pour son père l'idée du système de pétrin présenté par M. *Gondolo* dans la séance du 28 janvier dernier. (Renvoi au comité chargé de faire le rapport.)

M. *Lacrampe*, conducteur de travaux au chemin de fer de Bayonne, envoie le dessin et description d'un mode de couverture en ardoises sans l'emploi de clous. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Maréchal* (*Henri*), typographe, rue des Amandiers-Sainte-Geneviève, 16, dépose un exemplaire du *Guide pratique pour l'établissement des garnitures de tous formats*, ouvrage qu'il vient de publier dans le but de rendre uniforme une des opérations les plus importantes de la typographie et qui, jusqu'ici, a été laissée à l'arbitraire ou au caprice de l'ouvrier, faute de règles certaines pour la bien exécuter et la contrôler. (Renvoi au même comité.)

M. *Martin*, à Rive-de-Gier (Loire), sollicite l'examen d'un instrument servant à obtenir le piquage des cylindres d'orgues mécaniques et l'exécution des morceaux de musique par l'action de la pile. (Renvoi au même comité.)

M. *Pierrugues*, à Belleville-Paris, rue de l'Est, 17, cité Pradier, soumet à l'appréciation du Conseil un produit alimentaire dont la base est le seigle torréfié, et qu'il propose de mettre en concurrence avec la chicorée. (Renvoi au même comité.)

M. *Amenc* (*Léon*), fabricant, à Clermont-Ferrand, demande au Conseil de vouloir bien examiner un nouvel appareil de graissage, qu'il nomme *godet-graisseur automatique*. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. *F. C. Vannet*, rue de la Fidélité, 10, dépose le dessin et la description d'un système de frein, qu'il regarde comme d'une grande simplicité. (Renvoi au même comité.)

M. *Leyherr*, filateur, à Laval, écrit pour demander l'examen d'un système de métier continu qu'il annonce devoir remplacer avec avantage les self-actings continus et autres; un modèle de 36 broches fonctionne constamment dans sa filature. (Renvoi au même comité.)

M. *Sorel*, ingénieur civil, rue Fontaine-au-Roi, 17, se présente de nouveau, avec son invention de la galvanisation du fer, pour concourir au prix fondé par M. le marquis d'Argenteuil. (Renvoi à la commission spéciale.)

M. *Hervé Mangon*, membre du Conseil, fait hommage à la Société : 1° de ses *Instructions pratiques sur le drainage*, troisième édition augmentée de notes étendues; et 2° de son rapport sur les machines agricoles et instruments d'agriculture, qu'il a rédigé comme membre du jury de l'Exposition universelle de 1862.

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du comité des arts mécaniques et pour M. *Tresca*, empêché, M. *Faure* donne lecture d'un rapport sur le procédé de touage par chaîne adhérente sur les rivières et canaux, proposé par M. *W. Stewart*, ingénieur civil. (Insertion au *Bulletin* avec dessin.)

Au nom du comité des arts économiques, M. *Victor de Luynes* donne lecture des deux rapports suivants :

1° Rapport sur de nouvelles modifications proposées par M. *Marçais* dans la construction des compteurs à gaz. (Insertion au *Bulletin* avec dessin.)

2° Rapport sur les appareils en verre soufflé présentés par M. *Alvergnyat*. (Insertion au *Bulletin* avec dessin.)

COMMUNICATIONS. — M. *Baude*, membre du comité des arts mécaniques, entretient le Conseil du système de foyer fumivore imaginé par M. *Tenbrinck* et modifié par M. *Bonnet*, ingénieur de la compagnie du chemin de fer de l'Est, système appliqué à plusieurs locomotives de ce chemin. (Le *Bulletin* reproduira cette communication *in extenso*.)

M. le comte *Du Moncel*, membre du comité des arts économiques, appelle l'attention de la Société sur les droits de priorité que lui semble avoir M. *Lippens*, constructeur des télégraphes de l'État en Belgique, au sujet de l'invention des sonneries électriques à trembleur. Après avoir rappelé la récompense que la Société a décernée à M. *Mirand*, dans sa séance générale de 1854, et avoir indiqué que déjà, en 1850, M. *Lippens* avait pris un brevet pour l'application, aux sonneries électriques, du principe du trembleur de M. *de la Rive*, M. *Du Moncel* dit quelques mots des conditions que ces appareils doivent remplir et des difficultés que leur exécution a rencontrées.

M. *Lissajous*, membre du même comité, explique un modèle de soufflerie de précision présenté par M. *Cavaillé-Coll*, facteur d'orgues, lequel modèle est muni d'un nouveau système de régulateur de pression de l'air, également applicable au gaz d'éclairage.

M. *Lissajous* expose que le premier modèle de cette soufflerie a été exécuté sur la demande de M. *P. Desains*, pour le cabinet de physique de la Faculté des sciences de Paris. Il signale les applications que le régulateur de M. *Cavaillé-Coll* a successivement reçues; c'est ainsi que M. *Léon Foucault* s'en est servi dans ses dernières expériences sur la vitesse de la lumière, que M. *Victor de Luynes*, membre du Conseil, l'a utilisé pour régler l'émission des gaz dans le chauffage de son système de bain à l'huile, et que lui-même, M. *Lissajous*, l'a employé dans la détermination du diapason normal, pour des expériences comparatives faites avec la sirène.

La soufflerie de précision présentée par M. *Cavaillé-Coll* est surmontée de plusieurs tuyaux et appareils servant aux expériences suivantes d'acoustique :

1° Détermination du nombre absolu de vibrations par la méthode des battements (imaginée par Sauveur), expérience délicate que M. *Cavaillé-Coll* a facilitée au moyen de cinq tuyaux montés sur des régulateurs;

2° Même détermination au moyen de la sirène acoustique, dont on règle la vitesse de mouvement par un régulateur;

3° Études sur le timbre : sons composés, sons résultants, accord complexe de 16 tuyaux exactement accordés dans les rapports de la série naturelle des nombres 1 à 16 : — seconde série de 16 tuyaux faisant suite à la précédente et accordés dans les rapports des nombres de 17 à 31;

4° Troisième série de 6 tuyaux accordés à l'octave et dont le dernier, de 0^m,016, donne près de 30,000 vibrations par seconde, limite extrême aiguë des sons perceptibles, dont l'étendue entière est de dix octaves.

(Renvoi de la soufflerie et des expériences de M. *Cavaillé-Coll* au comité des arts économiques.)

M. *Silbermann*, membre du Conseil, présente, au nom de l'auteur, un nouveau micromètre oculaire construit par M. *Soleil*, opticien, rue de l'Odéon, 21. (Renvoi au même comité.)

M. *Louis Descoutures*, rue Boursault, 12, montre et explique une arme de chasse de précision à deux coups, qu'il a déjà eu l'honneur de soumettre à S. M. l'Empereur; c'est un fusil à bascule d'un nouveau genre. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — 1° M. *Cloez*, répétiteur à l'école impériale polytechnique;

2° M. *Lefour* (*Pierre-Aristide-Adolphe*), inspecteur général de l'agriculture;

3° M. *Gautron*, constructeur-mécanicien, à Paris.

A la fin de la séance, le Conseil s'est formé en comité secret pour entendre une proposition relative à la nomination de membres adjoints au comité des arts mécaniques.

Séance du 11 mars 1863.

M. *Payen*, membre du comité des arts chimiques, occupe le fauteuil.

CORRESPONDANCE. — M. *Émile de Tarade*, propriétaire, au château de Belleroche (Indre-et-Loire), adresse des échantillons de *massette* comme matière pouvant être substituée au coton, et demande si la plante que M. *Nourrigat*, de Lunel, a présentée en 1862 (1) à la Société dans le même but, mais sans indication de nom, ne serait pas la même. (Renvoi aux comités des arts mécaniques et économiques.)

Au sujet de cette présentation, M. le Président fait remarquer que la question de priorité ne doit pas occuper la Société, et qu'avant d'examiner les produits remarquables envoyés par M. de Tarade il est essentiel qu'on sache de lui quel est le prix de revient de la matière et s'il est déjà parvenu à en faire quelque application.

M. *Carmien*, mécanicien, à Luze (Haute-Saône), présente, par l'intermédiaire de M. le baron *Séguier*, un compas à tracer les ellipses. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. le marquis *A. de Caligny*, à Versailles, fait hommage d'une planche de dessins autographiés, représentant les différents appareils et machines hydrauliques de son invention, tels que moteur hydraulique à flotteur oscillant, moteur hydraulique à piston oscillant sans soupape, etc. (Renvoi au même comité.)

M. *Duproz*, fabricant de pompes, à Caen, sollicite l'examen d'un système de pompe sur lequel ont été faits déjà différents rapports, au nombre desquels celui présenté à la Société d'agriculture de Caen par M. *Olivier*, ingénieur. (Renvoi au même comité.)

M. *Malteau*, manufacturier, membre de la Société, à Elbeuf, soumet à l'appréciation du Conseil une machine dite *égloutronneuse*, destinée à dégager les laines de toutes ordures. Il ajoute que, grâce à son procédé, il y a moins d'usure sur la couverture des cardes, moins de débouillage, moins de fil qui casse à la filature et moins d'épincetage. (Renvoi au même comité.)

(1) Voir *Bulletin* de 1862, 2^e série, t. IX, p. 58.

MM. *Sabatier* et de *Fréminville*, ingénieurs de la marine, font hommage d'un exemplaire de leur rapport sur les machines à vapeur de l'Exposition universelle de 1862. (Renvoi au même comité.)

M. *Guérin-Méneville*, membre de la Société impériale et centrale d'agriculture de France, fait hommage du premier numéro d'une nouvelle publication périodique intitulée : *Revue de sériciculture comparée*, journal agricole formant les annales du laboratoire central des séricicultures des sociétés agricoles de France et de l'école d'aïlanticulture annexés à l'école impériale de Vincennes, etc. In-8, 1863.

M. *Marie*, ancien négociant, membre de la Société, adresse une brochure intitulée : *Plus de crise financière ; suppression des obligations des chemins de fer français*. (Renvoi au comité de commerce.)

M. *Frachebaud*, à Paris, appelle l'attention de la Société sur un ouvrage qu'il vient de publier sous le titre de : *Extraction immédiate du paupérisme par la suppression du chômage*. (Renvoi au même comité.)

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du comité des arts mécaniques, M. *Tresca* donne lecture d'un rapport sur l'appareil dit *barotrope* de M. de *Salicis*. (Insertion au *Bulletin* avec dessin.)

Au nom du comité des arts économiques, M. *Silbermann* lit un rapport sur les travaux de M. *Dartmann* relatifs à la coupe des vêtements. (Insertion au *Bulletin*.)

COMMUNICATIONS. — M. *Victor de Luynes*, membre du Conseil, donne connaissance des applications nouvelles qui ont été faites du vert de chrome de M. *Guignet*, sur lequel un rapport a déjà été présenté par le comité des arts chimiques (1).

Il résulte des renseignements fournis par M. *Guignet* que, sous le rapport de la fabrication de cette couleur, le travail en grand a permis de réaliser une économie notable qui s'est traduite par une baisse de prix de 20 pour 100. La quantité produite annuellement chez M. *Kestner* n'est pas inférieure à 10,000 kilogrammes.

Comme le vert *Guignet* est tout à fait inaltérable et non vénéneux, il y a grand avantage à l'employer dans la fabrication des papiers peints, comme le fait M. *Zuber*, de *Rixheim* (Haut-Rhin), et dans l'apprêt des fleurs ainsi que le pratique M. *Bouffé*, à Paris. Ce dernier a eu l'heureuse idée de remplacer les verts à l'arsenic par un mélange d'acide picrique et de vert *Guignet*.

Enfin le vert de chrome a pris rang parmi les couleurs employées dans la peinture des bâtiments et dans la carrosserie.

(Renvoi au comité des arts chimiques.)

A la fin de la séance, M. de *Luynes* procède à d'intéressantes expériences avec les tubes de *Geisler*, fabriqués par M. *Alvergnyat*, dont il a été rendu compte dans la séance précédente. Les lecteurs du *Bulletin* apprécieront, par des dessins qui seront bientôt publiés, la perfection à laquelle M. *Alvergnyat* est parvenu à porter l'art du souffleur de verre.

(1) Voir *Bulletin* de 1859, 2^e série, t. VI, p. 321.

Séance du 25 mars 1863.

MM. le baron *Séguier*, vice-Président, et *Dumas*, Président, occupent successivement le fauteuil.

CORRESPONDANCE. — *S. Exc. M. le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics* adresse deux exemplaires du 43^e volume des Brevets d'invention (loi de 1844).

M. Baudin, mécanicien, rue des Vinaigriers, 14, sollicite l'examen d'une machine à fabriquer les chevilles en bois pour la menuiserie. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. Guillet, mécanicien, rue Traversière-Saint-Antoine, 31, appelle l'attention de la Société sur des appareils mécaniques servant à faire les tenons et les mortaises. Ces appareils fonctionnent rue de Charonne, 54. (Renvoi au même comité.)

M. A. Lion, épurateur d'huiles, à Marseille, annonce qu'il est auteur d'un procédé d'épuration simple et économique.

MM. *Sauret* et *de Fleury*, au château de Lichecourt (Vosges), envoient les dessin et description d'un système de calorifère fumivore pour le chauffage et la dessiccation des féculs, orges, houblons, etc. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. Lagoux, à Bayeux (Calvados), dépose des pierres factices, dont la composition a été brevetée sous le nom de *calcéolithe métalliconeurophore*. Cette fabrication consiste à préparer une carcasse en fils métalliques entrelacés, à laquelle on donne la forme de l'objet à exécuter et sur laquelle on dépose une pâte composée de chaux tamisée, de ciment de Portland et de sable avec addition d'eau de chaux. (Renvoi au même comité.)

MM. *L. Bricout* et *E. Berlet*, à Reims, présentent un appareil propre à la carburation du gaz. (Renvoi au même comité.)

M. Crouzand-Dazat (*Charles*), propriétaire, à Bellac (Haute-Vienne), appelle l'attention de la Société 1^o sur un genre de brique pouvant s'employer de suite sans enduit; 2^o sur un arrosoir à siphon pouvant fournir un jet presque horizontal et permettant d'arroser le pied des plantes sans les déchausser. (Renvoi des briques au même comité et renvoi de l'arrosoir au comité d'agriculture.)

M. Hervé Mangon, membre du Conseil, fait hommage d'un exemplaire de l'ouvrage qu'il vient de publier sous le titre de : *Expériences sur l'emploi des eaux pour les irrigations sous différents climats*. 1 vol. in-8. (Renvoi à la commission du *Bulletin*.)

M. l'abbé Lamazou, vicaire de la Madeleine, offre, par l'intermédiaire de *M. le baron Séguier*, un exemplaire de son *Étude sur l'orgue monumental de Saint-Sulpice et de la facture d'orgue moderne*. (Renvoi à la même commission.)

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du comité d'agriculture, *M. Hervé Mangon* donne lecture d'un rapport sur un appareil à cuire les betteraves présenté par *M. Mouflet*, ferblantier, à Orléans. (Insertion au *Bulletin* avec dessin.)

COMMUNICATIONS. — *M. Faure*, membre du comité des arts mécaniques, entretient le Conseil d'un nouveau système imaginé par MM. *Belin* et *Jeannez*, à Saint-Martin-

au-Laert près Saint-Omer, pour filtrer et presser les résidus de défécation dans les fabriques de sucre.

On sait, dit M. Faure, que, lorsque le jus de la betterave est extrait de la racine, la première opération à lui faire subir pour le convertir en sucre est la défécation, et que cette opération s'effectue au moyen d'une addition de chaux éteinte étendue d'eau. La défécation terminée, on soutire une certaine quantité de jus clair ; mais le surplus reste chargé d'une boue visqueuse composée de chaux et de parties mucilagineuses, dont il est important de faire la séparation. Jusqu'à présent l'extraction du jus contenu dans les résidus de la défécation a été opérée au moyen de l'égouttage en sacs de toile que l'on soumet à l'action de presses, lorsque le liquide qu'ils contiennent a acquis une certaine consistance. Or les fabricants sont d'accord sur les inconvénients que présente cette opération, inconvénients qui consistent dans l'extraction incomplète d'un jus toujours trouble, dans la dépense excessive des sacs, dans la gêne qu'éprouvent les ouvriers à manier des matières chaudes chargées de chaux qui leur brûlent et leur rongent les doigts, et enfin dans la malpropreté de la place où l'on presse les écumes par suite du déchirement des sacs après un service de quelques jours.

MM. Belin et Jeannez paraissent avoir obvié à ces inconvénients au moyen de leur presse perfectionnée. Par son emploi, on retire tout le jus contenu dans les résidus ou écume de défécation ; le jus sort limpide depuis le début jusqu'à la fin de l'opération, qui, se faisant à vase clos, n'oblige plus les ouvriers à toucher les matières. Cette méthode supprime les sacs, procure une économie de main-d'œuvre et permet de tenir l'atelier en état de propreté. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

M. Bazet, ancien interne des hôpitaux de Paris, ajoute quelques indications nouvelles à celles qu'il a données à la Société dans la séance du 17 février dernier sur la machine à travailler le verre qu'il a imaginée, et à l'aide de laquelle il parvient à reproduire toute forme venant au tour, dans des dimensions supérieures aux limites ordinaires avec répartition égale de la matière et avec calibrage exact et continu. (Renvoi au comité chargé de faire le rapport.)

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — 1° M. *Thierry-Mieg* (*Charles*), secrétaire de la Société industrielle de Mulhouse ;

2° M. *Turgan*, l'un des gérants du *Moniteur universel* ;

3° M. *Griffon*, teinturier, à Sèvres (Seine-et-Oise).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

La Société d'encouragement a reçu, dans les séances des 14 et 28 janvier, des 11 et 25 février 1863, les ouvrages dont les titres suivent :

Ouvrages offerts à la Société.

ANNALES du commerce extérieur. Novembre et décembre 1862.

ANNALES de la Société des sciences industrielles de Lyon. N^{os} 6, 7.

- ANNALES de l'agriculture française. N^{os} 10, 11, 12, t. XX; n^{os} 1, 2, t. XXI.
- ANNALES des conducteurs des ponts et chaussées. N^{os} 11, 12.
- ANNALES des ponts et chaussées. Juillet et août 1862.
- ANNALES de la Société d'horticulture de la Haute-Garonne. Septembre et octobre 1862.
- ANNALES télégraphiques. Novembre et décembre 1862.
- ANNALES de la Société impériale d'agriculture, sciences, lettres..... du département de la Loire. 1860-1861 et 1^{er} semestre de 1862.
- ANNUAIRE de la Société météorologique de France. (Bulletin des séances.) Feuilles 5 à 12, t. X.
- Annuaire des engrais et des amendements, par M. ROHART. 1^{re} et 2^e livr. 4^e année.
- BULLETIN de la Société française de photographie. Novembre, décembre 1862 et janvier 1863.
- BULLETIN de la Société de l'industrie minérale. Avril, mai, juin. 4^e livr.
- BULLETIN de la Société du progrès de l'art industriel. N^o 1.
- BULLETIN de la Société industrielle de Mulhouse. Décembre 1862 et janvier 1863.
- BULLETIN des séances de la Société impériale et centrale d'agriculture. N^o 1.
- BULLETIN de la Société chimique de Paris. Janvier 1863.
- BULLETIN du musée de l'industrie. Novembre 1862.
- BULLETIN mensuel de la Société protectrice des animaux. Décembre 1862 et janvier 1863.
- Culture (la). Écho des comices, par M. SANSON. N^{os} 12 à 16.
- COSMOS, revue encyclopédique. Livr. 25, 26, 1862, et livr. 1 à 8, 1863.
- CULTIVATEUR de la Champagne (le). Décembre 1862.
- Génie industriel (le), par MM. ARMENGAUD frères. Janvier et février 1863.
- Invention (l'), par M. DESNOS-GARDISSAL. Janvier et février 1863.
- INVESTIGATEUR (l'), journal de l'Institut historique. Septembre et octobre 1862.
- JOURNAL de la Société impériale et centrale d'horticulture. Novembre, décembre 1862 et janvier 1863.
- JOURNAL des fabricants de papier. N^o 24, 8^e année, et n^{os} 1 à 4, 9^e année.
- Journal d'agriculture pratique, par M. BARRAL. N^o 24, 1862, et n^{os} 1 à 4, 1863.
- JOURNAL d'agriculture de la Côte-d'Or. Octobre 1862.
- JOURNAL de l'éclairage au gaz. N^{os} 19, 20, 21.
- JOURNAL des fabricants de sucre. N^{os} 37 à 46.
- JOURNAL d'éducation populaire. Janvier 1863.
- LUMIÈRE (la). N^{os} 1, 2, 3.
- Mondes (les), revue hebdomadaire des sciences, par M. l'abbé MOIGNO. N^o 1, 1^{re} année.
- Moniteur scientifique (le), par M. le docteur QUESNEVILLE. Livr. 144 à 148.
- MÉMOIRES de l'Académie impériale de Metz. Années 1861-1862.
- Presse scientifique des deux mondes (la), sous la direction de M. BARRAL. N^{os} 23 et 24, 1862, et n^{os} 1 à 4, 1863.
- PROPRIÉTÉ industrielle (la). N^{os} 260 à 269.
- Publication industrielle des machines, outils et appareils, par M. ARMENGAUD aîné. Livr. 1, t. XIV.
- Répertoire de chimie pure, par M. WURTZ. Décembre 1862.
- Répertoire de chimie appliquée, par M. BARRESWIL. Décembre 1862 et janvier 1863.
- Revue universelle des mines, de la métallurgie....., par M. CH. DE CUYPER. Septembre et octobre 1862.
- Revue générale de l'architecture et des travaux publics, par M. CÉSAR DALY. N^{os} 9 et 10.
- SOCIÉTÉ des ingénieurs civils. Séances des 9, 28 janvier et du 6 février 1863.
- Technologiste (le), par MM. MALEPEYRE et VASSEROT. Janvier et février 1863.
- ANNUAIRE du Cosmos, 5^e année. 1 vol. in-32. Tremblay, édit.
- BREVETS d'invention (loi de 1799). Vol. 93.
- CATALOGUE des brevets d'invention. N^{os} 6 et 7.

- Culture du chasselas à Thomery, par M. ROSE CHARMEUX. Paris, 1 vol. in-12. Victor Masson et fils, édit.
- Étude sur l'orgue monumental de Saint-Sulpice et de la facture d'orgue moderne, par l'abbé LA-MAZON. 1 vol. in-8. Repos, libr.-éditeur.
- Instructions pratiques sur le drainage, par M. H. MANGON. 1 vol. in-12, 3^e édit. Dunod, libr.-édit.
- Machines et instruments d'agriculture, par M. H. MANGON (Exposition universelle de 1862). Br.
- Note sur la fabrication de l'acier en Angleterre, par M. ED. GRATEAU. Br.
- Note sur les divers travaux de M. le baron THÉNARD, par M. CHEVALLIER. Br.
- Niveau-graphomètre-équerre de MM. DUPUIS, RABOUIN-O'SULLIVAN et G. LEROYER. Br.
- Rapport sur les compositions et l'usage industriel des eaux de la Lys, des puits du sable vert, de la marne et du calcaire bleu, par M. Girardin. Br.
- Radicaux multiples et leurs rapports avec la théorie des types (les), par M. Martens. Br.
- Spectre solaire (le), par M. ADOLPHE RADAU. Tremblay, édit.
- GIORNALE d'ell ingegnere-architetto ad agronomo. N^o 1.
- INCORAGGIAMENTO (l'). N^{os} 4, 5, 6.
- Il nuovo Cimento, par MM. MATTEUCCI e PIRIA. Août et septembre 1862.
- JOURNAL of the Franklin Institute. Janvier 1863.
- NEWTON's London Journal. Janvier, février 1863.
- JOURNAL of the royal geographical Society of London. N^o 5, vol. VI.
- PROCEEDINGS of the royal Society of Edinburgh. Session 1861-1862.
- PATENT office report, 1859. Mechanics, 2 vol. Agriculture, 1 vol.
- Polytechnisches Journal, von MAX. DINGLER. N^{os} 958 à 962.
- TRANSACTIONS of the royal Society of Edinburgh. Vol. XXIII, part. 1.
- TRANSACTIONS of the American Institute. 1858, 1859, 1860.
- PHOTOGRAPHIC Journal (the). N^{os} 129, 130.
- JOURNAL of the Society of arts. N^{os} 503 à 535.
- VERHANDLUNGEN des Bereins zur Beförderung des Gewerbfleizes in Preussen. Juillet, août, septembre, octobre 1862.

Publications périodiques.

- ANNALES de chimie et de physique. Janvier, février 1863.
- ANNALES du Conservatoire des arts et métiers. N^o 3. 3^e année.
- COMPTES RENDUS hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. N^{os} 24 à 26, 1862, et n^{os} 1 à 7, 1863.
- JOURNAL des économistes. Janvier, février 1863.
- TEINTURIER universel (le). N^{os} 19 à 22.
- ARTIZAN (the). Janvier 1863.
- PRACTICAL mechanic's journal (the). Janvier, février 1863.
- PRACTICAL mechanic's (great exhibition 1862). Part. 12, 13.
- REPERTORY of patent inventions (the). Décembre 1862.
- MECHANIC's magazine (the). Décembre 1862, janvier 1863.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

ARTS MÉCANIQUES.

RAPPORT fait par M. FAURE, au nom des comités des arts mécaniques et des arts économiques, sur les HYDRO-EXTRACTEURS ou ESSOREUSES A FORCE CENTRIFUGE de M. GAUTRON, à Paris, rue des Écluses-Saint-Martin, 23.

M. Gautron, mécanicien-constructeur, s'est adonné, d'une manière toute spéciale et avec un succès remarquable, à la construction des appareils connus sous le nom d'*hydro-extracteurs* à force centrifuge ou *essoreuses*.

Il a appelé l'attention de votre Conseil sur ses produits. Vous en avez renvoyé l'examen d'abord à votre comité des arts mécaniques, puis à votre comité des arts économiques. Les membres de ces deux comités se sont transportés dans les ateliers de M. Gautron, où ils ont suivi avec un véritable intérêt l'organisation intelligente des transmissions et de l'outillage que ce constructeur a su approprier à une spécialité qui embrasse non-seulement la construction des hydro-extracteurs, mais encore celle de machines laveuses oscillantes, établies sur un principe ingénieux, dont M. Gautron s'est réservé l'exploitation par une convention avec l'inventeur breveté.

L'attention de votre comité des arts mécaniques a dû se concentrer exclusivement sur le mode de construction des hydro-extracteurs construits par M. Gautron, pendant que celle du comité des arts économiques s'est portée exclusivement sur une application toute nouvelle et propre à M. Gautron de l'hydro-extracteur à la fabrication de la fécule de pommes de terre.

Je suis chargé, Messieurs, par votre comité des arts mécaniques, de vous

Tome X. — 62^e année. 2^e série. — Avril 1863. 25

rendre compte de son examen des appareils hydro-extracteurs de M. Gautron.

M. Herpin, rapporteur du comité des arts économiques, a pensé qu'il y avait lieu de concentrer dans un seul et même travail le résultat de l'examen confié par vous à deux comités, et il a bien voulu me transmettre une note qui prendra sa place, tout naturellement, dans ce que j'ai à vous dire, en particulier et au nom du comité des arts mécaniques.

Je me hâte de rendre justice, tout d'abord, à l'intelligence judicieuse et raisonnée avec laquelle M. Gautron a su étudier les détails de construction de ses appareils hydro-extracteurs, à l'exécution soignée, irréprochable et économique de ces appareils, qui est une conséquence nécessaire de la pensée de *spécialisation*, si sage, si heureuse en général, et qu'il appartient à votre Conseil de faire ressortir à l'occasion.

J'arrive maintenant à la partie de ces appareils qui constitue plus particulièrement l'œuvre propre, l'invention de M. Gautron. On sait que l'énorme vitesse de rotation, 1,500 à 2,500 tours par minute, qui doit être imprimée à l'arbre vertical et à pivot qui porte le vase hydro-extracteur, rend particulièrement difficile, toujours, l'organisation des coussinets qui embrassent le tourillon inférieur de cet arbre. Cette difficulté s'accroît encore par les nécessités du service de ces appareils, qui exigent souvent que la partie supérieure de leur arbre reste libre de tout *collier*, qui générerait le chargement et le déchargement des vases essoreurs. L'arbre du vase tournant doit alors être maintenu uniquement par la lentille d'une crapaudine et par l'étreinte des coussinets qui embrassent latéralement le pivot, dans une région plus ou moins voisine de la lentille qui reçoit la pression du pivot.

Il en résulte que le vase se comporte à la manière d'une *toupie*, c'est-à-dire qu'il se balance, qu'il oscille plus ou moins sur son pivot jusqu'à ce qu'il ait atteint sa vitesse de régime d'abord et ensuite lorsque, au débrayage de l'organe moteur, cette vitesse s'éteint graduellement. Dans ces balancements de la toupie essoreuse, les coussinets métalliques employés par presque tous les constructeurs qui ont précédé M. Gautron dans ce genre d'appareils, qu'ils fussent composés d'une bague unique ou de deux segments formant chacun une demi-bague, sont soumis à des pressions obliques, inégales et variables d'intensité, de position et de direction, qui ont pour résultat une usure rapide, locale et non uniforme. Enfin la rapidité nécessaire du mouvement de rotation rend indispensable une lubrification abondante, d'autant plus difficile et d'autant plus insuffisante que cette vitesse est plus grande.

Il se produit donc souvent et il doit se produire, avec les hydro-extracteurs à *coussinets métalliques*, des *grippements* désastreux, qui obligent à des réparations fréquentes, à des renouvellements multipliés et coûteux ; dans

tous les cas et toujours, même alors qu'au prix d'une attention et d'un soin extrêmes le conducteur de l'appareil à force centrifuge entretient à un grand renfort d'huile une convenable lubrification, l'usure des coussinets est prompte, et la dépense de matière lubrifiante très-considérable relativement.

Aux coussinets en métal (bronze, fonte, acier) on a substitué souvent des coussinets en bois dur, en gaïac notamment, en corne, etc.

M. Gautron a pensé, le premier, à employer pour cet usage, une substance toute particulière de nature fibreuse, et c'est la partie des dépouilles des bêtes à cornes, mâles, connue sous le nom de *nerf de bœuf*.

On sait que le nerf de bœuf, après dessiccation préalable et lorsqu'on le tranche transversalement, présente dans la section une dureté grande; mais M. Gautron, et c'est la remarque qui lui est propre, a observé très-judicieusement que cet amas de fibres dures devait, lorsqu'on le plonge dans une substance huileuse, absorber cette substance, la retenir avec une adhérence grande, ne la laisser échapper qu'à regret pour ainsi dire, même sous l'action d'une pression des plus énergiques.

Partant de cette observation qui témoigne d'une sagacité grande, M. Gautron a inventé et composé le remarquable et ingénieux *collier-graisseur*, dont il s'est réservé, par un brevet, l'exploitation. Voici en quoi il consiste :

Une cuvette en fonte dont les surfaces internes et externes viennent au moulage, sans qu'il soit besoin de les *dresser* ou *aléser*, constitue à la fois la crapaudine qui doit loger les coussinets et le réservoir d'huile.

Une *lentille* en acier trempé occupe le fond de la cuvette dont la paroi cylindrique porte trois, quatre ou un plus grand nombre de mortaises à section rectangulaire, dont les axes sont perpendiculaires à l'axe de la cuvette cylindrique.

Chacune de ces mortaises forme une chambre ou un parallélipipède creux, dont le fond *fermé* répond à la paroi extérieure de la cuvette. Ce fond est traversé d'ailleurs par une vis de pression qui agit sur une petite lame de tôle; contre cette lame vient s'appliquer un *dé* en caoutchouc vulcanisé. Ce dé sert lui-même et directement de *surface d'appui et de contact* à un autre *dé* ou parallélipipède en nerf de bœuf, dont la face antérieure est taillée cylindriquement au rayon du cylindre formant la partie verticale du pivot. Après que l'on a opéré, au moyen des vis de pression, le réglage de position des divers *dés* ou *grains* qui doivent, ensemble, constituer le coussinet à grains, destiné à étreindre latéralement et partiellement le pivot, la cuvette est remplie d'huile, et la toupie peut être mise en marche.

La toupie se balançant jusqu'à l'instant où, parvenue à la vitesse de ré-

gime, son arbre se maintient sensiblement suivant une direction constante, chacun des grains en nerf de bœuf obéit à son tour à la pression qui vient le solliciter, comprime le dé postérieur en caoutchouc qui réagit à son tour en repoussant le grain en nerf de bœuf avec une énergie proportionnelle à la pression qu'il avait subie lui-même.

Ainsi toutes les faces antérieures et concaves des grains en nerf de bœuf agissent constamment, également et énergiquement toujours, contre la surface cylindrique qu'elles doivent étreindre.

Imprégné à cœur de l'huile qu'il s'est assimilée, pour ainsi dire, chaque grain présente à la surface métallique qu'il presse, et par laquelle il est pressé, une surface constamment et également lubrifiée toujours.

Grâce à ces conditions si heureusement, si rationnellement groupées dans ce petit ensemble, grâce surtout à la *nature toute spéciale de la substance qui constitue les grains*, on a un système de coussinets ou mieux de *collier-graisseur*, comme j'ai dit déjà, qui ne grippe jamais, qui ne s'use pas sensiblement, qui dure bien longtemps et qui consomme très-peu d'huile.

Durée, stabilité, économie d'argent, économie de force motrice surtout, c'est-à-dire de l'argent qui se dépense par parcelles continues, sans qu'on s'en inquiète, sans qu'on puisse les évaluer et les supputer, et qui, en fin de compte finit par représenter de très-grosses sommes; tels sont, Messieurs, les résultats que nous a paru réunir très-heureusement et sans contestation possible le coussinet de M. Gautron, tel que je viens d'essayer de le décrire.

Le succès de cette invention a été grand; car il est attesté déjà par une liste de plus de quatre-vingts appareils hydro-extracteurs construits par M. Gautron, munis de cette crapaudine à *collier-graisseur* avec *grains* en nerf de bœuf. Mais il a été compris par d'autres encore que ceux qui ont demandé des hydro-extracteurs à M. Gautron, puisque plus de dix fabricants, à cette heure, ont adapté à des essoreuses vendues par d'autres constructeurs la crapaudine ou le *collier-graisseur* breveté de M. Gautron.

Je pourrais, Messieurs, insister plus longtemps en vous faisant connaître, avec détails, le mode de préparation des *grains* en nerf de bœuf employés par M. Gautron; vous dire comment, en donnant déjà une valeur très-sur-élevée à un produit naturel qui avait eu jusqu'alors des emplois très-restreints, il doit s'approvisionner deux ans à l'avance, soumettre à une dessiccation énergique la substance qu'il achète dans les abattoirs, faire subir à la matière desséchée un aplatissage à la presse hydraulique, couper par fragments cette matière ainsi aplatie, assimiler avec soin ces fragments réduits à une épaisseur de 2 à 3 millimètres, puis enfin les superposer par trois, quatre ou davantage, pour composer chacun des grains de ses coussinets. Mais je m'arrête.

Toutefois il est du devoir du rapporteur de votre comité des arts mécaniques de vous faire connaître qu'il a tenu à voir fonctionner industriellement une des toupies vendues par M. Gautron, avec sa cuvette à collier-graisseur et à grains en nerf de bœuf.

Je suis allé, accompagné de M. Gautron, dans un établissement très-important de teinturerie qui appartient à M. Leclerc, rue Saint-Victor. Dans cet atelier, dont les divers engins mécaniques assez nombreux et bien entendus ont été en grande partie montés par M. Gautron, j'ai vu fonctionner une essoreuse à benzine qui marche depuis près de trois ans, sans avoir eu besoin d'être réparée jamais, avec les mêmes grains, en consommant pourtant peu d'huile et avec une remarquable douceur dans ses mouvements.

Votre comité des arts mécaniques a pensé, Messieurs, qu'il y avait intérêt, intérêt grand à publier ce remarquable résultat, qui doit conduire ceux qui le connaîtront à essayer, dans d'autres conditions encore que celles qui sont propres aux extracteurs, le genre particulier de coussinets qui permet de l'obtenir.

J'arrive maintenant à l'application, dans des conditions essentiellement nouvelles et propres à M. Gautron, de l'hydro-extracteur à la fabrication de la fécule de pommes de terre.

Voici comment s'exprime M. le docteur Herpin, l'honorable rapporteur de votre comité des arts économiques :

« M. Gautron a fait une application intéressante de l'hydro-extracteur à la fabrication de la fécule de pommes de terre.

« La fécule, après avoir été lavée à grande eau, est introduite dans un sac en peau de daim, qui remplit la capacité intérieure de l'hydro-extracteur.

« Par l'effet de la force centrifuge, l'eau se tamise et s'échappe à travers les pores de la peau, tandis que la fécule est retenue par l'enveloppe et se dépose au pourtour intérieur de l'appareil sous la forme d'un cylindre creux de plusieurs centimètres d'épaisseur, et consistant.

« Mais il se produit ici un fait digne d'attention et qui nous paraît susceptible de recevoir d'autres applications industrielles importantes, c'est qu'il se fait un *triage*, une sorte de départ des matières, suivant leur densité.

« Les corps étrangers, plus pesants que la fécule, tels que le sable, les graviers qui peuvent s'y trouver accidentellement mélangés, sont projetés à la surface extérieure ou à la circonférence du cylindre de fécule, tandis que la poussière charbonneuse, les corps spécifiquement plus légers que la fécule restent à la surface intérieure du cylindre.

« Il suffit donc de gratter les surfaces interne et externe du cylindre de

fécule, pour en détacher les corps étrangers et obtenir la fécule blanche et à l'état de grande pureté. »

J'imagine, Messieurs, que vous serez frappés comme l'a été votre rapporteur, en remarquant ce qu'il y a de particulièrement heureux dans l'idée qui consiste à constituer par *une peau de daim, voire une peau de mouton*, la surface qui, dans l'essoreuse, doit donner passage au liquide.

Vos comités des arts mécaniques et des arts économiques ont l'honneur de vous proposer, Messieurs, de décider que M. Gautron sera remercié de sa double et très-intéressante communication.

Le comité des arts mécaniques vous demande en outre d'ordonner l'insertion, au *Bulletin*, du présent rapport, accompagné des dessins nécessaires pour représenter la crapaudine à collier-graisseur de M. Gautron, appliquée, ainsi qu'il l'a fait récemment, à une essoreuse dont l'arbre se prolonge en dessous du vase tournant, reportant ainsi le pivot loin de la masse tournante à grande surface, de manière à assurer dans des conditions bonnes et simples la stabilité de l'appareil.

Signé FAURE, rapporteur.

Approuvé en séance, le 3 décembre 1862.

LÉGENDE DE LA PLANCHE 268 REPRÉSENTANT UN APPAREIL HYDRO-EXTRACTEUR
DE M. GAUTRON.

Fig. 1. Élévation de l'appareil dans un plan vertical, parallèle à l'arbre qui commande le mouvement.

Fig. 2. Section verticale par un plan passant par l'axe, et mené parallèlement au plan de la fig. 1.

A, bâti circulaire en fonte, muni de quatre pieds et consolidé par des croisillons; il est placé au-dessus d'une fosse maçonnée et fixé sur un fort châssis en bois engagé dans la maçonnerie.

B, cuve cylindrique en fonte recevant le liquide qui s'échappe du tambour essoreur sous l'action de la force centrifuge; elle repose sur le bâti A, auquel elle est fixée au moyen de quatre pattes boulonnées indiquées en ponctué sur la figure 1.

C, ouverture et bec d'écoulement pour la sortie du liquide de la cuve.

D, tambour essoreur en cuivre avec cône et tube intérieurs en même métal. Il est muni extérieurement d'un double fond en tôle, et, lorsqu'il s'agit de sécher des féculs, sa surface cylindrique, qui est percée de trous, est recouverte intérieurement d'une peau animale qui laisse filtrer les eaux.

E, E sont cinq cercles ou baguettes en fer consolidant extérieurement la surface cylindrique du tambour.

Fig. 1.

Fig. 2.

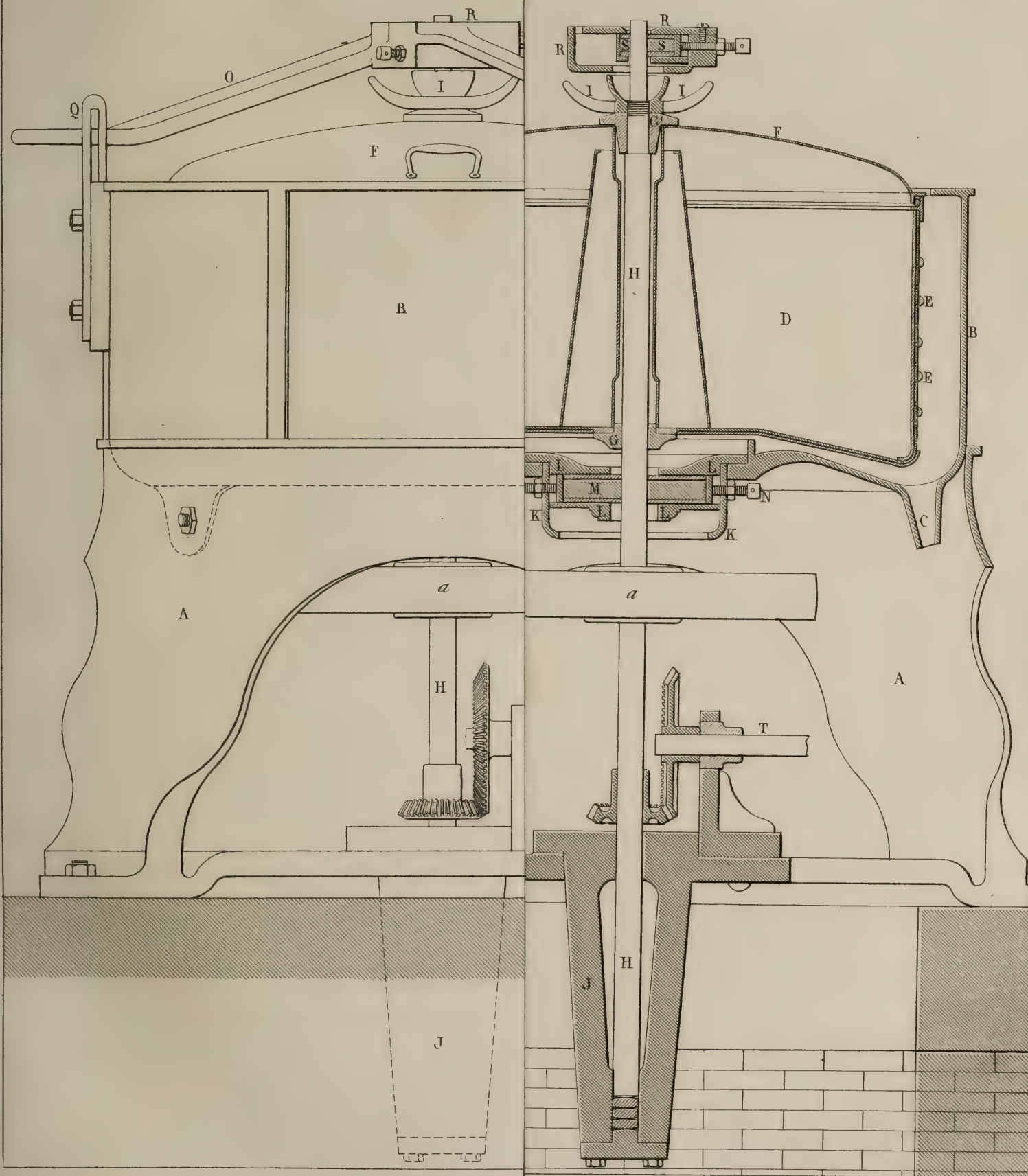


Fig 1

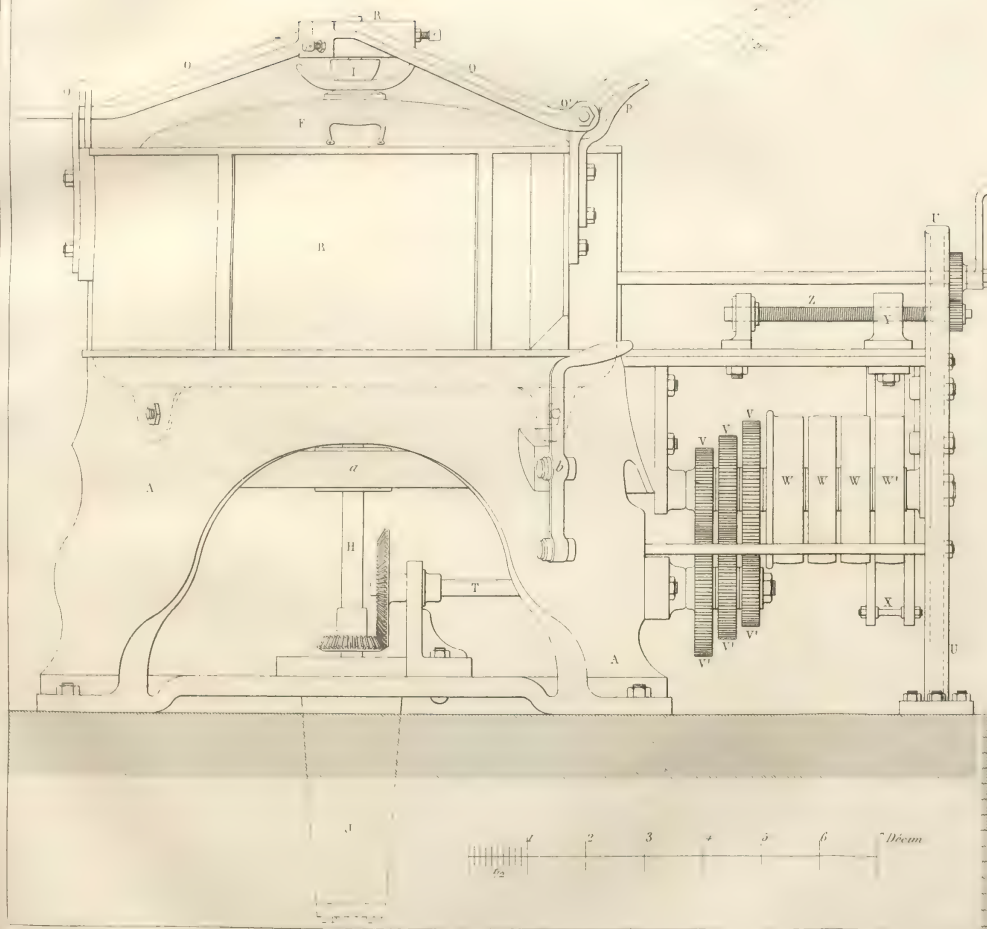
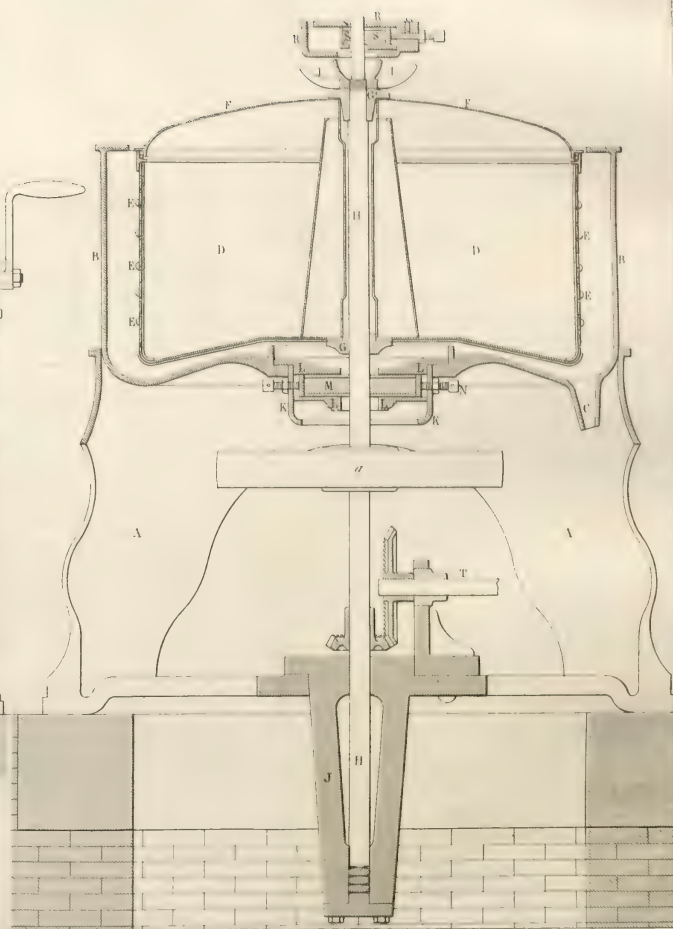


Fig 2



F, couvercle en fer, en forme de calotte sphérique, fermant hermétiquement le tambour **D** et s'y ajustant sur une embase circulaire en fer qui garnit le rebord supérieur de ce tambour; il est muni de deux anses ou poignées qui permettent de le manœuvrer facilement.

G, douille en cuivre fixée à l'arbre de rotation **H**, et servant d'embase pour recevoir le tambour **D**.

G', autre douille placée au centre du couvercle **F** avec lequel elle fait corps, et venant s'emboîter dans l'ouverture du tube central du tambour.

H, arbre vertical en acier portant le tambour **D** et traversant la douille **G'**.

I, écrou à oreilles surmonté d'un godet graisseur, et se vissant sur l'arbre **H** pour serrer le couvercle **F**.

J, boîte conique en fonte boulonnée sur le bâti **A**, et descendant dans la fosse au-dessus de laquelle l'appareil est établi; cette boîte fait fonction de chambre à huile et reçoit la partie inférieure de l'arbre **H**, qui tourne sur trois galets de friction en acier.

K, cuvette à huile en fonte fixée solidement au fond de la cuve **B**, concentriquement à l'arbre **H**, et constituant l'enveloppe d'un des colliers-graisseurs du système imaginé par M. Gautron.

L, chambres ou mortaises, au nombre de quatre, à section rectangulaire, venues de fonte avec la cuvette **K**.

M, coussinets en nerf de bœuf placés dans les mortaises **L** et appuyant contre l'arbre **H**.

N, vis portant sur une petite lame de tôle et servant à produire le serrage des coussinets contre l'arbre **H**.

O, croisillon à trois branches, articulé en **O'** (fig. 1) sur un support fixé à la cuve **B** et se rabattant au-dessus du couvercle **F**, en embrassant la partie supérieure de l'arbre **H** au moyen d'un collier-graisseur analogue au précédent; deux des branches de ce croisillon se projettent à droite de la figure obliquement au diamètre du tambour **D**.

P, buttoir contre lequel vient s'appuyer le croisillon **O** lorsqu'on le renverse, après une opération, pour enlever le couvercle du tambour **D**; cette position est indiquée en ponctué sur la figure 1.

Q, support à fourchette fixé à la cuve dans une position diamétralement opposée à celle de l'articulation **O'**, et recevant le croisillon **O** lorsqu'il est rabattu sur le couvercle du tambour; une clavette, qu'on glisse horizontalement dans la fourchette au-dessus de la branche de ce croisillon, assure la fixité de celui-ci.

R, collier-graisseur faisant corps avec le croisillon **O** et embrassant l'arbre **H**.

S, coussinets en nerf de bœuf, au nombre de trois, construits et disposés comme les coussinets **M** et serrés contre l'arbre **H** au moyen de vis.

T, arbre de couche tournant dans des supports fixés au bâti **A** et transmettant le mouvement de la machine à vapeur à l'arbre **H**, au moyen d'une roue et d'un pignon d'angle.

U, châssis en fonte relié au bâti **A** par des entretoises et portant l'axe des engrenages et poulies de commande.

V, V', engrenages progressifs commandant l'arbre T, et destinés à communiquer à volonté au tambour D des vitesses de rotation différentes.

W, poulies de commande correspondant à chaque couple d'engrenages.

W', poulie folle.

X, fourchette d'embrayage conduite par l'écrou mobile Y.

Y, écrou monté sur une glissière parallèle à l'axe des engrenages V, V' et mis en mouvement par la vis sans fin Z.

Z, vis sans fin commandée par deux pignons et une manivelle.

a, poulie en bois avec moyeu de fonte, calée sur l'arbre du tambour D; une courroie garnie de fer et de ressorts en acier enveloppe la jante de cette poulie et fait fonction de frein au moyen de la traction horizontale qu'on lui fait subir.

b (fig. 1), levier ayant son axe de rotation fixé au bâti A et servant à opérer la traction de la courroie pour enrayer la poulie a et, par conséquent, le tambour.

(M.)

**RAPPORT fait par M. TRESCA, au nom du comité des arts mécaniques, sur
UN NOUVEAU MOULIN A PLÂTRE DE M. MINICH, rue des Tournelles, 41.**

Messieurs, votre comité des arts mécaniques nous a chargé d'examiner un nouveau moulin à plâtre qui a été soumis, par M. Minich, à votre appréciation.

Ne connaissant aucune expérience antérieure sur ce genre de fabrication, nous ne pouvons vous présenter, sur le fonctionnement de cet appareil, aucune donnée comparative avec celui des machines destinées au même objet; mais les expériences auxquelles nous nous sommes livré, en établissant des chiffres précis, auront au moins cet avantage de permettre, dans l'avenir, des comparaisons de la nature de celles qui nous font défaut aujourd'hui.

L'organe principal du moulin de M. Minich est formé d'un plateau circulaire, en fonte, denté sur ses deux faces en pointes de diamant.

Ce plateau, qui est placé dans une trémie, est muni, à sa partie inférieure, d'un appendice ou bras, à l'extrémité duquel agit un système de deux bielles, mises en mouvement par deux manivelles parallèles, calées sur l'arbre moteur.

C'est au moyen de ces organes de transmission que le plateau peut faire sur lui-même $1/4$ de révolution, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

La trémie est rectangulaire, les faces en regard avec le plateau portent également une denture saillante; ces faces sont inclinées de 25° par rapport

à celles du plateau, et les fragments de plâtre ne peuvent descendre successivement au fond de la trémie que quand ils se trouvent suffisamment concassés.

Dans la portion qui est alternativement dans la trémie et au dehors, la denture du plateau est remplacée par des sillons profonds qui correspondent à une denture semblable établie sur les parois de l'auge : de telle façon qu'en ces points le plâtre ne peut passer que quand la pulvérisation a été suffisamment complète.

Afin que les dents du plateau ne rencontrent jamais celles des parois de l'auge, toutes ces dentures sont distribuées circulairement autour du centre d'oscillation, et les saillies de l'une correspondent exactement aux sillons de l'autre.

L'auge est, d'ailleurs, fondue en deux pièces, s'assemblant au moyen de boulons et d'oreilles, au nombre de quatre ; cette disposition permet de ménager, entre le plateau et l'auge, des écartements plus ou moins considérables.

Les organes du moulin et l'arbre moteur, avec son volant et sa poulie, sont établis sur un bâti unique, en bois, formé de deux tréteaux solides, assemblés par des boulons et des traverses.

Comme construction, l'exécution laisse à désirer, mais le groupement des organes est bien entendu, et, en modifiant, pour quelques-uns d'entre eux, leurs formes actuelles, on pourrait, sans aucun doute, utiliser le même principe pour l'établissement d'une machine robuste.

Nous avons fait fonctionner, au Conservatoire des arts et métiers, le moulin de M. Minich, et nous avons reconnu que le plâtre était aussi bien pulvérisé qu'avec les meilleures machines ; lorsqu'un fragment trop volumineux se présente, la courroie saute sans aucun accident, et cet effet s'est produit dans notre deuxième expérience.

La machine est lourde à conduire ; à vide elle n'exige pas moins d'un demi-cheval pour fonctionner à sa vitesse normale de 40 tours par minute, ce qui tient, sans doute, à la succession des mouvements en sens contraires, pour chacun desquels il faut détruire la puissance vive du plateau denté. Cette quantité de travail s'est élevée à 48 kilogrammètres par seconde, ou $\frac{2}{3}$ de cheval, lorsque l'auge était convenablement alimentée de pierre à plâtre. Dans ces conditions, le moulin pulvérise 12 kilogrammes de plâtre par minute et dépense, en moyenne, 225 kilogrammètres de travail par chaque kilogramme de plâtre pulvérisé.

Ces résultats sont certainement très-favorables, et un appareil pouvant, sous un aussi petit volume, préparer, par heure, $12 \times 60 = 720$ ou 700 kilo-

grammes, à peu près, doit être considéré comme un outil puissant, destiné à prendre dans l'industrie une place importante.

Le mouvement de va-et-vient du plateau donne lieu, toutefois, à une dépense de travail tout à fait anormale; l'expérience seule peut décider la question de savoir si ce surcroît de dépense est absolument nécessaire pour empêcher l'empâtement de la denture du plateau broyeur, qui paraît, dans ces conditions, fonctionner avec une grande efficacité.

En résumé, le nouveau moulin vertical de M. Minich est intéressant, et j'ai l'honneur de vous proposer, tout à la fois, de remercier l'inventeur de la communication et de lui remettre trois cents exemplaires du présent rapport et des dessins qui représentent sa machine.

Signé TRESCA, rapporteur.

Approuvé en séance, le 17 décembre 1862.

LÉGENDE DE LA PLANCHE 269 REPRÉSENTANT LE MOULIN A PLATRE DE M. MINICH.

Fig. 1. Section verticale de l'appareil, faite suivant le plan du plateau broyeur.

Fig. 2. Autre section verticale perpendiculaire au plan de la précédente, et passant par l'axe de rotation du plateau broyeur.

A A', plateau broyeur en fonte pouvant prendre un mouvement vertical d'oscillation autour de son axe de suspension; les parties A, A sont dentées sur les deux faces en pointes de diamant, tandis que les parties A', A' portent simplement des sillons.

B, trémie également en fonte dont les parois intérieures portent, dans toute la région qui fait face au plateau broyeur, une denture saillante correspondante à celle de ce plateau.

C, auge faisant suite à la trémie, et dont les parois parallèles au plateau broyeur peuvent être écartées ou rapprochées à volonté.

D, appendice ou bras faisant corps avec le plateau broyeur et servant à faire mouvoir celui-ci au moyen d'un système de deux bielles.

E, E, bielles motrices du plateau broyeur, reliées par un même axe à l'appendice D.

F, F, manivelles parallèles commandant les bielles E.

G, arbre moteur portant les manivelles F, ainsi qu'un volant calé à égale distance de celles-ci.

H, poignée pour faire mouvoir à la main le modèle que représente le dessin.

I, bâti portant les organes de mouvement.

(M.)

Fig. 1.

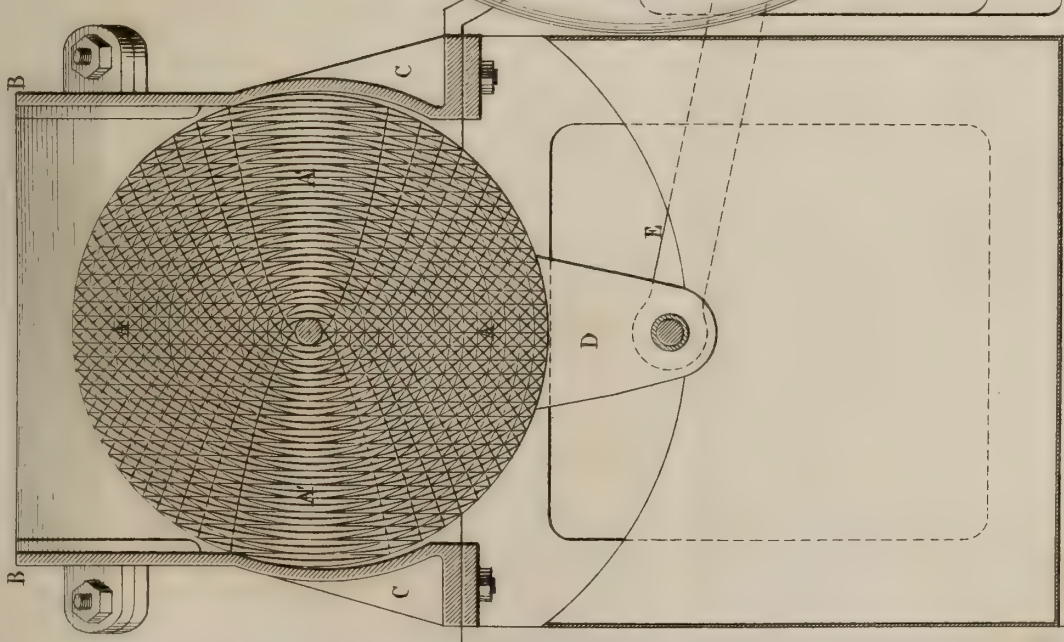
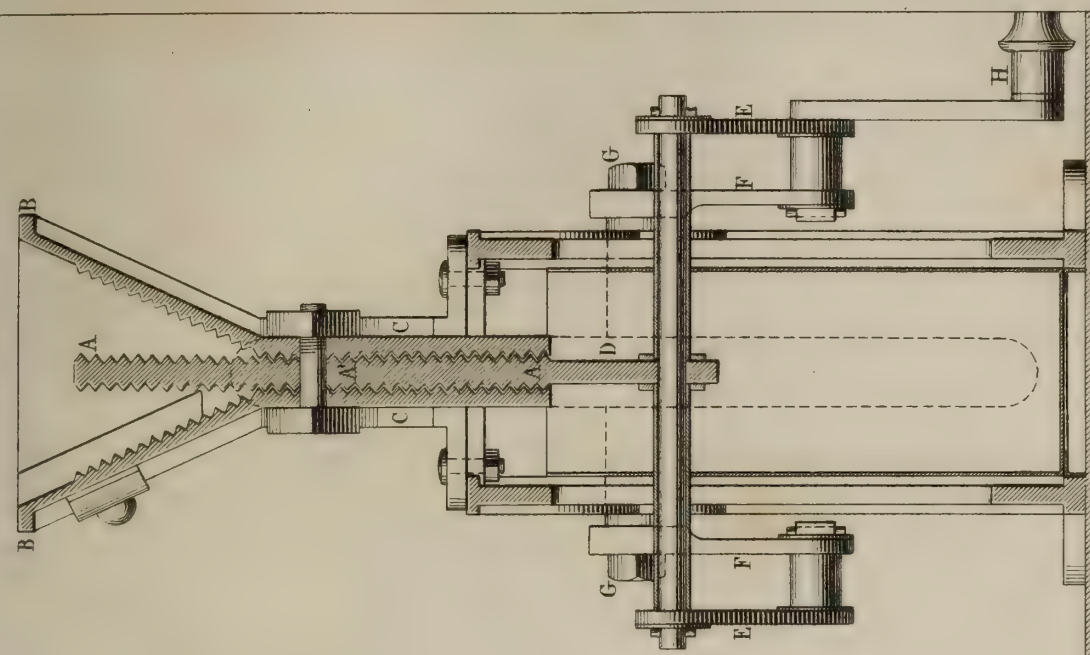


Fig. 2.



1 Mètre

MOULIN A PLATRE, PAR M. MINICH.

Imp. Lamoureux, r. de Laccépède, 38, Paris.

Ad. Leblanc del et sc.

ARTS ÉCONOMIQUES.

EXPÉRIENCES SUR LES EFFETS DE VENTILATION PRODUITS PAR LES CHEMINÉES
D'APPARTEMENTS, PAR M. LE GÉNÉRAL MORIN. (*Extrait.*)

Les expériences auxquelles s'est livré M. le général Morin ont eu pour objet de déterminer les volumes d'air que peut évacuer une cheminée ordinaire d'appartement dans diverses circonstances, soit par la seule action de la ventilation naturelle, soit avec le concours d'un chauffage plus ou moins actif, et de comparer les résultats de l'observation avec ceux fournis par les formules théoriques. La cheminée dont il s'est servi était celle du cabinet de la direction du Conservatoire des arts et métiers, qui peut à volonté être chauffée par une bouche de chaleur d'un calorifère à air chaud ou par le feu allumé directement dans le foyer; circonstance qui a permis de faire varier le mode d'introduction de l'air, en tenant, selon les cas, la bouche de chaleur ouverte ou fermée.

Ventilation naturelle sans chauffage de la cheminée. — On a d'abord mesuré, à diverses reprises, le volume d'air dont la cheminée déterminait l'évacuation par le seul effet de la différence de température de l'air extérieur et de l'air intérieur de la pièce non chauffée. Ce volume, qui constitue la ventilation naturelle de la cheminée et qu'il était nécessaire de déterminer au moins approximativement dans chaque cas pour le déduire de celui qui devait être évacué par l'action des divers combustibles employés, est nécessairement très-variable, et non-seulement il peut devenir nul dans certains cas, mais la ventilation peut même se produire en sens inverse. Il est résulté de ces premières expériences que, par des températures extérieures de $+1^{\circ},8$ à 10° et des températures intérieures de 18 et de 22° , il passait en moyenne, par la cheminée de la pièce, environ 400 mètres cubes d'air par heure, chiffre qui indique que la ventilation est suffisante, même quand il n'y a pas de feu.

Des expériences directes ont montré que le volume d'air ramené à 20° , que la bouche de chaleur introduisait dans la pièce, était de 157 mètres cubes par heure quand il affluait à des températures comprises entre 70 et 100° , et de 123 mètres cubes seulement quand il n'arrivait qu'à 45° . Ce résultat montre combien le volume d'air fourni par les calorifères croît avec le degré d'échauffement qui lui est communiqué; il montre également comment les constructeurs sont conduits à élever la température de l'air fourni par ces appareils.

Volume d'air introduit par les joints des portes et des fenêtres. — Les observations relatives à la bouche de chaleur ayant été faites en même temps que celles qui ont été exécutées sur la cheminée non chauffée, il s'ensuit que, si du volume d'air évacué par celle-ci on retranche celui qui a été introduit par la bouche de chaleur

ramené à la température de la pièce, la différence donnera le volume d'air à la même température qui s'était introduit par les joints des portes et des fenêtres. Ce volume s'est élevé, dans ces expériences, à 246 mètres cubes par heure pour deux portes et deux fenêtres.

Effets de ventilation produits au moyen du chauffage par divers combustibles. — Les expériences ont été faites sur deux cheminées, et le chauffage a eu lieu successivement avec du bois, avec de la houille et avec du gaz d'éclairage en tenant compte des quantités consommées.

La première de ces cheminées, dans laquelle il n'y avait pas d'appareil à grille creuse, et dont les conduits avaient été raccordés de manière à annuler sensiblement la contraction de l'air à l'entrée et à éviter, autant que possible, les tourbillonnements et les pertes de force vive, a évacué de 1,200 à 1,300 mètres cubes d'air par heure avec une consommation de 8^k,26 de bois dans le même temps. La seconde, dont l'entrée était en partie obstruée par un appareil à grille creuse et qui était moins bien disposée à l'intérieur, n'a évacué que 835 mètres cubes d'air par heure avec une consommation de 8^k,88 de bois. L'excès de la température dans la cheminée sur la température extérieure était d'ailleurs peu différent dans les deux cas, et même inférieur dans le premier. Le volume d'air nouveau introduit par la bouche de chaleur de l'appareil à grille de la seconde cheminée n'a été que de 19 mètres cubes par heure, ou 1/44 du volume total évacué par cette cheminée, et sa température à la sortie de la bouche était de 132°.

Chauffage au bois. — Connaissant le volume d'air appelé par la cheminée, sa température initiale et celle qu'il avait acquise, il a été facile de calculer, dans chaque cas, le nombre d'unités de chaleur qui lui avaient été communiquées et qu'il avait emportées sans utilité pour le chauffage de l'appartement. Ces quantités de chaleur ont été :

Dans la cheminée sans appareil à grille d'introduction d'air nouveau,	{ 19 mars 1862. 3279 calories.
	{ 12 avril. . . . 4191 —
	Moyenne. . . . 3735 —
Dans la cheminée avec l'appareil à grille.	le 4 juin. . . . 2796 —

On voit, par ces nombres, que la cheminée ouverte a utilisé, pour la ventilation, toute la chaleur qu'a développée le bois et qui, pour le bois bien sec, est d'environ 3,600 calories.

La cheminée avec appareil à grille d'introduction d'air nouveau, offrant une assez grande surface de dispersion de la chaleur, a donné un résultat moins favorable. Il y a lieu cependant de croire que, dans un chauffage continué plus longtemps, les masses voisines de maçonnerie peu conductrices étant parvenues à une température normale, l'utilisation de la chaleur s'approcherait de la valeur obtenue avec la première cheminée.

Chauffage à la houille. — Des expériences analogues aux précédentes ont été exécutées dans la cheminée sans grille creuse, en y brûlant de la houille sur une grille

dont on a fait varier la disposition, afin d'obtenir les résultats les plus favorables au point de vue de la ventilation.

La plus importante des conséquences à tirer des résultats obtenus, c'est que, à l'aide d'une cheminée ordinaire d'appartement des proportions en usage dans les constructions actuelles, on peut augmenter la ventilation naturelle de 300 mètres cubes d'air par kilogramme de houille brûlée, et, comme on peut facilement y brûler 4 kilog. de houille par heure, il s'ensuit que le volume d'air qu'une semblable cheminée est susceptible d'évacuer peut être élevé à 1,200 mètres cubes au moins par heure. L'expérience montre aussi que la quantité de chaleur emportée par l'air évacué s'élève à 6,000 ou 6,500 unités par kilogramme de charbon brûlé, c'est-à-dire aux $\frac{7}{8}$ au moins de la chaleur totale développée par le combustible.

Chauffage au gaz d'éclairage. — Pour réaliser des expériences directes sur la ventilation d'un appartement au moyen de la combustion du gaz, on a disposé dans la cheminée un conduit de forme rectangulaire de 0^m,265 de longueur sur 0^m,10 de largeur, communiquant avec un tuyau de conduite du gaz d'éclairage. Cent six trous ont été percés dans ce tuyau. Un compteur, établi sur le conduit d'arrivée, indiquait le volume du gaz consommé, lequel était d'ailleurs assez régulier. Des thermomètres placés à l'extérieur et à l'intérieur du cabinet donnaient les températures. Quant à celle de l'air qui passait par la cheminée, elle était, à l'arrivée, la même que dans le cabinet, et au-dessus du tuyau à gaz elle était indiquée par un thermomètre particulier.

Deux séries d'expériences ont été faites, l'une du 18 avril au 14 juin 1862, et l'autre du 28 août au 11 septembre. La quantité de chaleur utilisée par mètre cube de gaz brûlé a été en moyenne, dans la première, de 5,758 calories et, dans la seconde, de 4,973. On remarquera que ce second chiffre est notablement inférieur au premier, ce qui tient sans doute à ce que, dans la deuxième série, les expériences ayant été moins prolongées que dans la première, les quantités de chaleur absorbées par les parois de la cheminée y ont été nécessairement plus grandes à proportion. Néanmoins on peut conclure que la quantité de chaleur que l'on peut communiquer à l'air, dans une cheminée, par mètre cube de gaz brûlé, s'élève en moyenne à plus de 5,000 calories, c'est-à-dire aux $\frac{5}{6}$ de celle que développe le gaz par sa combustion.

Dans une des expériences faites le 14 juin, le volume d'air écoulé par la cheminée a été trouvé égal à 1,190 mètres cubes par heure, et en même temps le volume introduit dans le cabinet par la bouche de chaleur qui amenait l'air frais des caves à travers le calorifère était de 304 mètres cubes par heure. Cet air nouveau était conduit près du plafond par un tuyau de 0^m,30 de diamètre, et l'on a ainsi réalisé l'introduction de l'air près du plafond et l'extraction près du plancher. L'air extérieur étant à la température de 18 à 19°, celui des caves était à 16°,5 ou 17°. La température du cabinet a été maintenue à 19 ou 20°, tandis qu'une pièce voisine, à la même exposition, était à la température de 21 à 22°. Ainsi l'introduction de l'air frais ve-

nant des caves a fait maintenir la température du cabinet à 2° environ au-dessous de celle de la pièce voisine.

Le volume d'air évacué par la cheminée étant de 1,190 mètres cubes par heure, comme on vient de le dire, tandis que la bouche de chaleur n'en fournissait que 304 mètres cubes, le reste (886 mètres cubes) entrainait par les joints des portes et des fenêtres. Il est évident que, si plusieurs autres ouvertures avaient été ménagées et mises en communication directe avec les caves, on aurait pu aspirer, par ces ouvertures, la presque totalité de l'air évacué par la cheminée et faire de même arriver cet air frais au plafond.

Observations relatives au chauffage par les cheminées. — Si les expériences précédentes mettent en évidence les effets puissants de ventilation que produisent naturellement les cheminées, et le parti que l'on peut en tirer pour l'assainissement des lieux habités, elles expliquent en même temps comment, pour le chauffage, elles sont un moyen si peu économique.

La presque totalité de la chaleur développée par les combustibles étant emportée par l'air, l'échauffement des appartements n'est produit que par le rayonnement qui n'a lieu que par une ou deux des faces de l'espace qui contient le combustible. D'une autre part, si l'appel énergique d'air extérieur que produit une cheminée est favorable à la ventilation, l'introduction de cet air froid, par les joints des portes et des fenêtres et par leur ouverture momentanée, est une cause incessante de refroidissement, et l'on sait qu'elle est parfois fort désagréable.

Au point de vue du chauffage, il convient donc de restreindre le volume d'air appelé de l'extérieur par la cheminée à ce qui est nécessaire pour en assurer la marche stable et régulière, et d'utiliser une partie de la chaleur développée par le combustible pour introduire dans les appartements le plus grand volume d'air chaud, en évitant cependant que la température de cet air soit aussi élevée que celle que déterminent habituellement la plupart des appareils en usage. Sous ce rapport, l'emploi des calorifères généraux qui versent, dans les vestibules, dans les escaliers et dans une partie des pièces d'un édifice, une grande quantité d'air qui se mêle à l'air extérieur, sera toujours un auxiliaire utile du chauffage et de la ventilation, en introduisant dans l'intérieur des appartements de l'air modérément chauffé.

Comparaison entre la théorie et l'expérience. — Les diverses séries d'expériences sur les effets de ventilation produits par la consommation de quantités données de bois, de houille ou de gaz ont fourni à M. le général Morin une vérification remarquable des formules auxquelles la théorie l'avait conduit. La comparaison qu'il a faite entre les résultats obtenus de part et d'autre a permis de conclure,

1° Que, pour une même température extérieure, les vitesses de l'air dans les cheminées sont proportionnelles aux racines carrées de l'excès de la température moyenne intérieure dans la cheminée sur cette température extérieure ;

2° Que, dans le cas où la construction intérieure de la cheminée a été modifiée de

manière que l'air n'éprouve pas de contraction sensible à son entrée et qu'il n'y ait pas de perte de force vive, la formule théorique fournit des résultats inférieurs de $1/8$ environ à ceux de l'expérience, et que, par conséquent, dans les calculs d'établissement, elle peut être employée sans crainte d'erreur grave. (Cette formule est, $U = 0,47 \sqrt{t - T}$, dans laquelle U représente la vitesse de l'air dans le conduit de la cheminée, t la température dans le conduit de la cheminée et T la température extérieure.)

Les expériences précédentes, dit en terminant l'auteur, montrent la puissance des effets de ventilation que l'on peut obtenir par l'emploi direct des combustibles ordinaires ou du gaz d'éclairage, et peuvent avoir, pour la ventilation des lieux habités et des salles de réunion momentanée, des applications aussi directes que nombreuses. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences.*)

(M.)

ARTS CHIMIQUES.

SUR LES COULEURS CONNUES SOUS LES NOMS DE MAUVE ET DE MAGENTA,
PAR M. A. W. HOFMANN,

Président de la Société chimique de Londres (1).

« Les belles matières colorantes dérivées de la houille et désignées par les noms de fantaisie de *mauve* et de *magenta* sont, je présume, familières à mon auditoire. Mais peut-être ne connaît-il pas parfaitement les moyens employés pour arriver à les produire : c'est de ce sujet que je me propose de l'entretenir.

« Pour devenir matière colorante, la houille doit passer par une série de transformations, sur chacune desquelles nous arrêterons un moment notre attention; en un mot, le but de cette leçon est de montrer le passage de la houille à la matière colorante.

« La couleur est intimement liée à la lumière; sans lumière, pas de couleur. Cette remarque est doublement vraie en ce qui concerne les couleurs dérivées du charbon de terre; c'est, en effet, à l'introduction du gaz d'éclairage dans nos rues et nos maisons que nous sommes redevables de cette découverte. Ce fait semblera peut-être étrange, car depuis près d'un demi-siècle nous sommes en possession du gaz, tandis que la transformation de la houille en matières colorantes est toute récente, et s'est

(1) Leçon expérimentale faite l'année dernière par l'auteur dans l'amphithéâtre de l'Institut royal de Londres.

effectuée en quelque sorte sous nos yeux. Mais l'on n'aura plus lieu de s'étonner quand on saura que les matières colorantes dont nous parlons sont fournies par un produit secondaire, engendré dans les fabriques de gaz, produit depuis longtemps employé à une foule d'usages, mais qui, depuis ces dernières années seulement et grâce aux recherches des chimistes, est devenu une source de richesse d'une remarquable fécondité.

« Le point de départ, pour arriver à la production des couleurs mauve et magenta, est donc la fabrication du gaz de houille, fabrication trop connue pour en donner ici une description détaillée. Qu'on me permette seulement de rappeler les points principaux de la distillation du charbon de terre, et pour cela je n'aurai besoin que de diriger l'attention de mon auditoire sur ces deux grands tableaux représentant les cornues et les condensateurs employés dans la fabrication du gaz (1). On n'ignore pas la température élevée que subit le charbon dans ces cornues, généralement disposées dans un seul four par série de cinq ou sept.

« De ces cornues, le gaz monte dans des tubes verticaux dont les extrémités recourbées plongent dans un large tuyau horizontal, à moitié rempli d'eau, appelé *barillet* et destiné à condenser une quantité considérable de substances huileuses et goudronneuses.

« Le gaz ainsi purifié passe dans les condenseurs, immenses cylindres verticaux en fer, constamment refroidis par un courant d'eau froide extérieur. Là se dépose une nouvelle quantité de matières huileuses qui se rendent, en même temps que celles du barillet, dans des réservoirs spéciaux.

« Le gaz, après avoir traversé les condenseurs, subit une nouvelle série de purifications avant d'être envoyé dans les tuyaux de distribution ; mais ces détails ne concernant pas notre sujet ne nous occuperont pas davantage.

« En résumé, le charbon est entièrement décomposé en *gaz*, en *produits huileux*, et en un résidu non volatil, le *coke*, qui reste dans la cornue. C'est principalement sur les produits huileux, appelés *huiles de goudron de houille*, que nous fixerons notre attention. Du reste, on appréciera l'intérêt que ces huiles présentent aux chimistes en examinant le tableau suivant, sur lequel on a essayé de grouper, d'une manière synoptique, les différentes substances qu'on en a isolées.

(1) Les divers phénomènes de la distillation de la houille étaient démontrés devant l'auditoire par une expérience faite sur une petite échelle.

Produits de la distillation de la houille.

NOMS DES SUBSTANCES.	FORMULES (1).	POINT D'ÉBULLITION.
Hydrogène.	H. H.	
Gaz des marais ou hydrure de méthyle. . . .	C H ³ , H.	
Hydrure d'hexyle.	C ⁶ H ¹³ , H.	
Hydrure d'octyle.	C ⁸ H ¹⁷ , H.	
Hydrure de decyle.	C ¹⁰ H ²¹ , H.	
Gaz oléfiant ou éthylène.	C ² H ⁴ .	
Propylène ou tetrylène.	C ³ H ⁶ .	
Caproylène ou hexylène.	C ⁶ H ¹²	55°
œnantylène ou heptylène.	C ⁷ H ¹⁴ .	
Paraffine.	C ⁿ H ²ⁿ ?	
Acétylène.	C ² H ² .	
Benzol ou benzine.	C ⁶ H ⁶	80°
Parabenzol.	C ⁶ H ⁶ .	
Toluol.	C ⁷ H ⁸	114°
Xylol.	C ⁸ H ¹⁰	126°
Cumol.	C ⁹ H ¹²	150°
Cyanol.	C ¹⁰ H ¹⁴	175°
Naphtaline.	C ¹⁰ H ⁸	212°
Paranaphtaline ou anthracène.	C ¹⁴ H ¹⁰ .	
Chrysène.	C ⁶ H ⁴ ?	
Pyrène.	C ¹⁵ H ⁴ .	
Eupione.	(?)	
Eau.	{ H } O.	100°
Hydrogène sulfuré.	{ H } S.	
Acide sulfo-cyanhydrique.	{ H } S.	
Oxyde de carbone.	C O.	
Acide carbonique.	C O ² .	
Bisulfure de carbone.	C S ²	47°
Acide sulfureux anhydre.	S O ²	10°
Acide acétique.	{ H } O.	120°

(1) Équivalents employés : H = 1; O = 16; S = 32; C = 12; N = 14; Cl. = 35; etc.

NOMS DES SUBSTANCES.	FORMULES.	POINT D'ÉBULLITION.
Acide phénique, alcool phénique, phénol. .	$\left\{ \begin{array}{c} \text{H} \\ (\text{C}^6 \text{H}^5) \end{array} \right\} 0..$	188°
Acide crésylique, alcool crésylique, crésol. .	$\left\{ \begin{array}{c} \text{H} \\ (\text{C}^7 \text{H}^7) \end{array} \right\} 0..$	203°
Acide phlorylique, alcool phlorylique, phlorol	$\left\{ \begin{array}{c} \text{H} \\ (\text{C}^8 \text{H}^9) \end{array} \right\} 0..$	
Acide rosolique.	(?)	
Acide brunolique.	(?)	
Ammoniaque.	$\left\{ \begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \end{array} \right\} \text{N.}$	83°
Aniline.	$\left\{ \begin{array}{c} \text{C}^6 \text{H}^5 \\ \text{H} \\ \text{H} \end{array} \right\} \text{N.} . . .$	182°
Cespitine.	$(\text{C}^5 \text{H}^{13})''' \text{N.} .$	96°
Pyridine.	$(\text{C}^5 \text{H}^5)''' \text{N.} .$	115°
Picoline.	$(\text{C}^6 \text{H}^7)''' \text{N.} .$	134°
Lutidine.	$(\text{C}^7 \text{H}^9)''' \text{N.} .$	154°
Collidine.	$(\text{C}^8 \text{H}^{14})''' \text{N.} .$	170°
Parvoline.	$(\text{C}^9 \text{H}^{13})''' \text{N.} .$	180°
Coridine.	$(\text{C}^{10} \text{H}^{15})''' \text{N.} .$	121°
Rubidine.	$(\text{C}^{11} \text{H}^{17})''' \text{N.} .$	230°
Viridine.	$(\text{C}^{12} \text{H}^{19})''' \text{N.} .$	251°
Chinoline ou leucoline.	$\text{C}^9 \text{H}^7 \text{N.}$	235°
Lepidine.	$\text{C}^{10} \text{H}^9 \text{N.}$	260°
Cryptidine.	$\text{C}^{11} \text{H}^{11} \text{N.}$	
Pyrrol.	$\text{C}^4 \text{H}^5 \text{N} (?) . . .$	133°
Acide hydrocyanique.	H. C N.	26°, 5

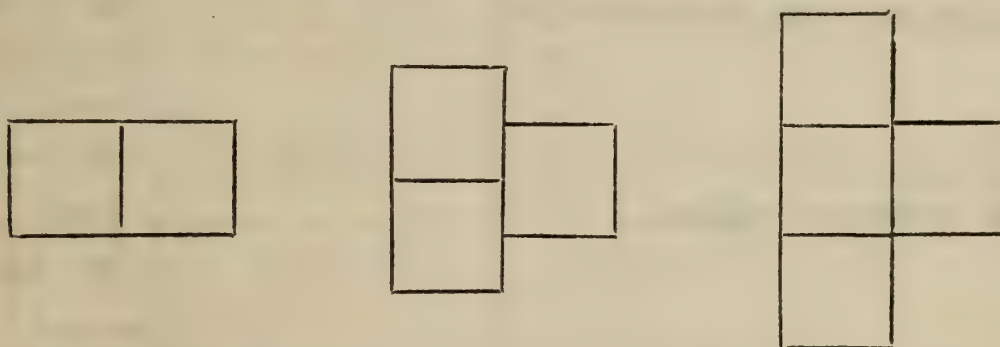
« Voilà une liste formidable de substances, toutes fort intéressantes sous plus d'un rapport. Mais, en réalité, les seuls dérivés de la houille qui réclament notre attention, à cause de leur relation intime avec les couleurs mauve et magenta, sont le *benzol*, le *phénol* et l'*aniline*. Cependant, avant de les étudier, il sera bon de donner une idée de la nature des réactions qui permettent à la houille de donner naissance à cette variété infinie de composés.

« Chacun sait que la houille (outre les cendres) est composée de carbone, d'hydro-

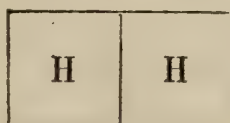
gène, d'azote, d'oxygène et de soufre, corps capables, sous l'influence de la chaleur, de se combiner sous une infinité de formes et de proportions. Toutefois rappelons quelques-unes des réactions qui se passent dans la distillation sèche de la houille, et à cet effet disons quelques mots des résultats généraux obtenus par les chimistes dans ces dix dernières années, résultats qui de prime abord semblent avoir bien peu de rapports avec le mauve et le magenta.

« Le nombre infini de substances minérales, végétales ou animales qui composent notre globe peuvent être rapportées, ainsi que les chimistes l'admettent généralement aujourd'hui, à un nombre très-restreint de *types radicaux*, parmi lesquels figurent invariablement l'*hydrogène*, l'*eau* et l'*ammoniaque*. Le sens qu'on attache aux expressions de *types* sera mieux compris en jetant un coup d'œil sur ces trois modèles, qui ont été faits exprès et qu'on ne peut mieux désigner que par le nom de *moules-types*.

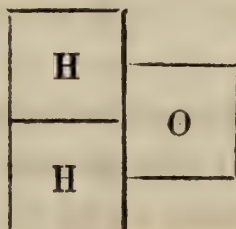
« Ces moules-types sont des châssis en fil de fer représentant les arêtes de cubes réunis au nombre de deux, trois ou quatre, comme l'indique le dessin ci-dessous :



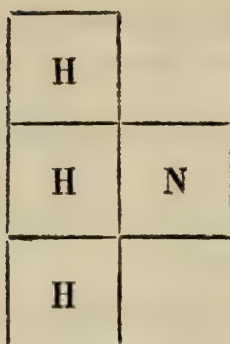
« Ils peuvent recevoir des cubes en zinc ou en bois, diversement colorés et marqués, représentant des atomes simples ou composés. Ainsi le premier, en recevant un atome (1 volume) d'hydrogène associé avec un autre atome (1 volume) d'hydrogène, représente la *molécule d'hydrogène*.



« Dans l'eau, nous avons deux atomes (2 volumes) d'hydrogène associés à un atome (1 volume) d'oxygène. C'est ce qui est indiqué par le second moule-type qui représente la *molécule d'eau* :

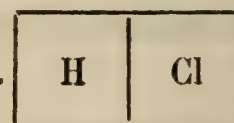


« Dans l'ammoniaque, enfin, nous avons trois atomes (3 volumes) d'hydrogène unis à un atome (1 volume) d'azote, composition indiquée par le troisième moule-type représentant la *molécule d'ammoniaque* :

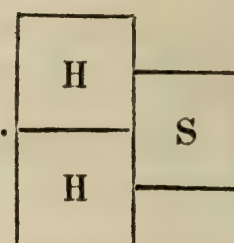


« Rien n'est maintenant plus aisé que de comprendre comment d'autres substances dérivent de l'hydrogène, de l'eau et de l'ammoniaque. Il suffit d'enlever à chacun des trois moules-types : au premier, un atome d'hydrogène, au deuxième un atome d'oxygène, et au troisième un atome d'azote; puis de les remplacer respectivement par des atomes de chlore, de soufre et de phosphore, et nous aurons converti sans difficulté :

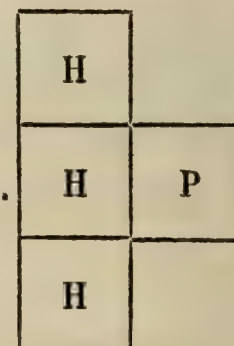
L'hydrogène en acide hydrochlorique.



L'eau en hydrogène sulfuré.



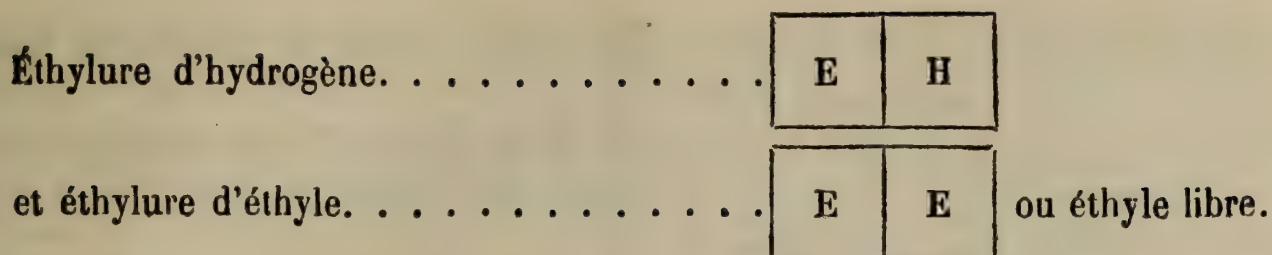
L'ammoniaque en hydrogène phosphoré.



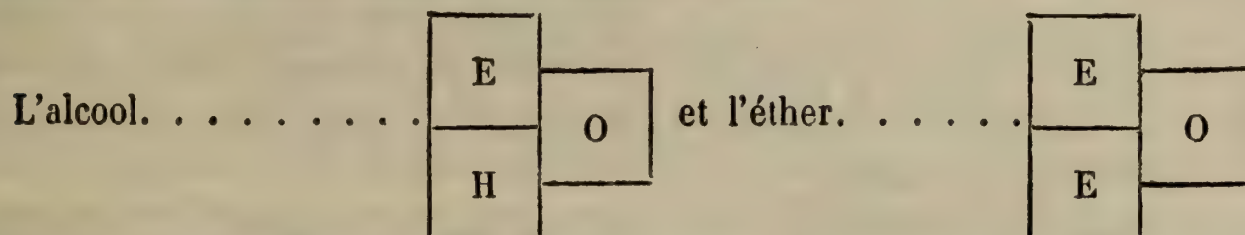
« Remarquons que les molécules d'acide chlorhydrique, d'hydrogène sulfuré et d'hydrogène phosphoré contiennent respectivement le même nombre d'atomes que les molécules d'hydrogène, d'eau et d'ammoniaque. On voit, par là, que l'acide chlorhydrique appartient au type hydrogène, l'hydrogène sulfuré au type eau, l'hydrogène phosphoré au type ammoniaque.

« Les trois corps ci-dessus sont formés par la réunion d'atomes simples; mais les moules-types peuvent aussi recevoir des atomes composés avec la même facilité. Citons à l'appui l'atome composé *éthyle*, formé de deux atomes de carbone et de cinq atomes d'hydrogène ($E = C^2H^5$).

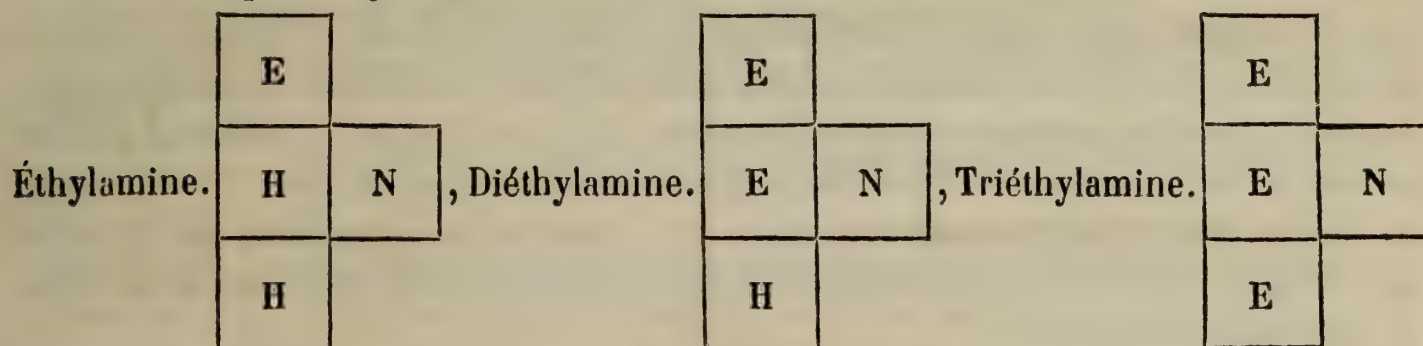
« En introduisant un ou deux atomes d'éthyle dans le moule-type d'hydrogène, on donne naissance aux molécules :



« De même, en introduisant un ou deux atomes d'éthyle dans le type eau, on obtient les molécules des deux *eaux éthylées*, qui sont :

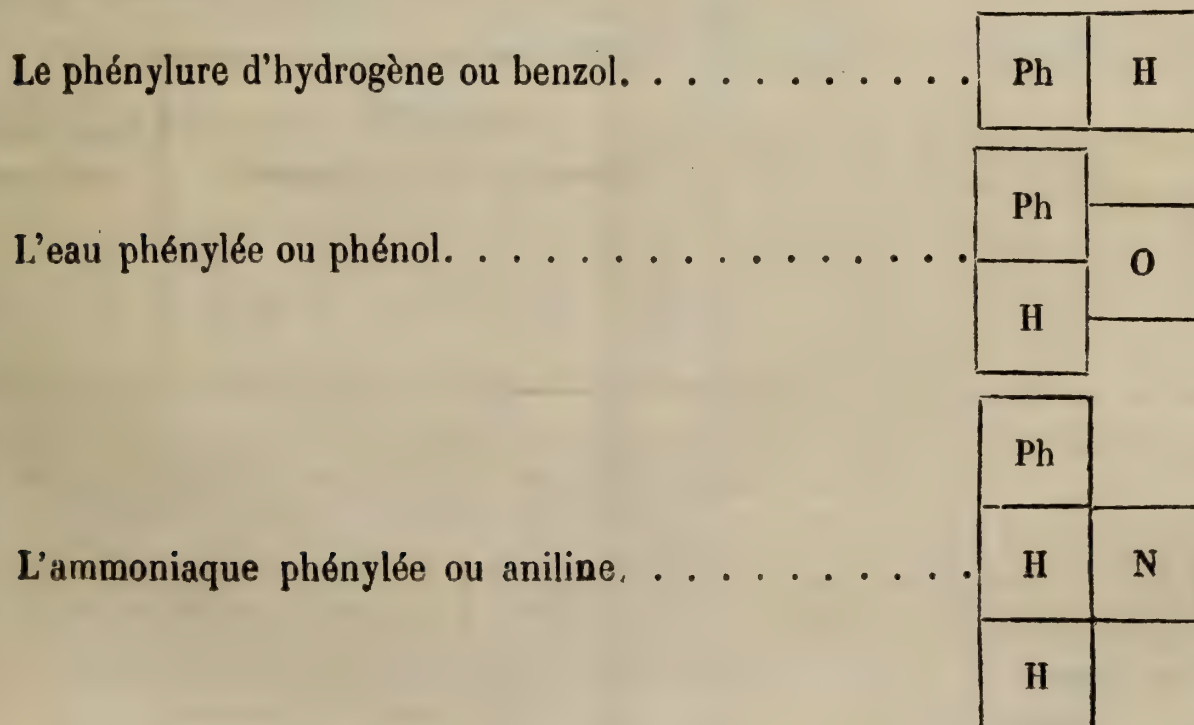


« Remplaçons enfin un, deux ou trois atomes d'hydrogène dans le type ammoniac par un, deux ou trois atomes d'éthyle, et nous formerons les molécules des trois *ammoniaques éthylées*, mieux connues sous les noms de,



« Exécutons encore quelques-unes de ces substitutions avec un autre atome ayant une constitution différente de celle de l'éthyle.

« Voici, par exemple, des tubes violets qui représentent chacun un atome composé, contenant six atomes de carbone et cinq d'hydrogène ($\text{Ph} = \text{C}^6\text{H}^5$), que les chimistes appellent *phényle*. Plaçons dans chacun de nos moules-types un atome de phényle, et nous obtiendrons :



substances dont nous avons signalé l'existence dans l'huile de goudron de houille.

« Mais revenons à notre point de départ.

« Quel rapport y a-t-il entre la connaissance de nos types et la distillation de la houille? Comment peuvent-ils expliquer la formation des nombreuses substances qui prennent naissance dans cette opération?

« Le charbon de terre renferme les éléments des trois types hydrogène, eau et ammoniacque, qui sont toujours produits en quantités notables durant la distillation. La proportion d'hydrogène libre est généralement faible; de plus, mélangé comme il l'est d'hydrogène carboné, la présence de ce gaz est assez difficile à constater. Par contre, la production de l'eau et de l'ammoniacque est abondante et facile à reconnaître à l'aide du papier réactif.

« Considérons maintenant que nos types sont nés de la houille en présence de grandes quantités de carbone et d'hydrogène, deux éléments dont les proportions varient à l'infini, et qui, sous l'influence de la chaleur, peuvent s'agréger pour former des atomes composés, semblables à l'éthyle et au phényle. Rappelons, de plus, que ces atomes sont capables de déplacer, en partie ou en totalité, l'hydrogène de nos types, et on pourra déterminer d'avance, sans difficulté, le nombre des composés qui pourront prendre naissance dans la distillation de la houille; je dis *pourront prendre naissance*, car le tableau cité plus haut ne contient que les corps connus actuellement, et chaque jour en fait connaître de nouveaux. Il est évident, d'ailleurs, que la nature des atomes composés produits doit, dans une certaine mesure, dépendre de la nature de la houille employée.

« Cette composition, du reste, est sujette à des variations très-notables, comme l'indique le tableau ci-dessous :

Analyse des différentes espèces de houille.

LOCALITÉS.	100 PARTIES DE HOUILLE SÈCHE						
	contiennent					laissent pour résidu	
	Carbone.	Hydrogène.	Azote.	Soufre.	Oxygène.	Cendres.	Coke.
Anthracite. Pays de Galles.	91,44	3,36	0,21	0,79	2,58	1,52	92,20
— — — — —	90,39	3,28	0,83	0,91	2,97	1,61	92,10
Houille grasse. Newcastle.	81,41	5,83	2,05	0,75	7,90	2,07	66,70
Cannel-coal. Wigan.	80,07	5,53	2,12	1,50	8,09	2,70	60,36
Houille de Wolverhampton.	78,57	5,29	1,84	0,39	12,88	10,30	57,21
— de Walsend, Elgine.	76,09	5,22	1,41	1,53	5,05	10,70	58,40
— de Saint-Helen. . Lancashire.	75,80	5,21	1,92	0,90	11,89	5,17	65,50
Lignite de Methill.	65,96	7,78	0,96	0,75	9,23	15,32	»
Lignite de Bohême.	55,59	4,16	19,6			21,19	»

« On voit, par ces chiffres, que le carbone varie, dans les différents échantillons, de plus de 30 pour 100, étant de 91,4 dans l'anhracite du pays de Galles, et de 55,5 dans la houille brune ou lignite de Bohême. Quoique moins prononcées, de semblables différences se remarquent à l'égard des autres principes constituants. Si, en outre, on tient compte de ce que la nature des atomes composés, engendrés dans la distillation de la houille, peut être modifiée par la température qui varie entre des limites considérables, on concevra facilement que cette distillation doive être une source inépuisable de nouveaux composés.

« La séparation des diverses substances constituant le mélange complexe appelé huile de houille semble, au premier abord, présenter des obstacles insurmontables, bien que les principes de cette séparation soient très-simples. Observons d'abord que les points d'ébullition de ces composés sont très-différents, ce qui permet déjà d'avoir recours à la distillation fractionnée. Mais d'autres moyens de purification se présentent d'eux-mêmes, d'après les différentes manières dont se comportent ces substances sous l'influence des agents chimiques. C'est ainsi que le benzol, le phénol et l'aniline peuvent être facilement séparés par l'action des acides et des alcalis.

« La benzine, hydrocarbure neutre insoluble à la fois dans l'acide et dans l'alcali, reste inattaquée.

« Le phénol, acide dérivé de l'eau, résiste à l'action des acides et se dissout rapidement dans un alcali.

« L'aniline, enfin, base dérivée de l'ammoniaque, agit inversement; elle résiste à l'action des alcalis et forme avec les acides une solution parfaite.

« Chacune de ces trois substances a reçu d'importantes applications dans les arts et manufactures:

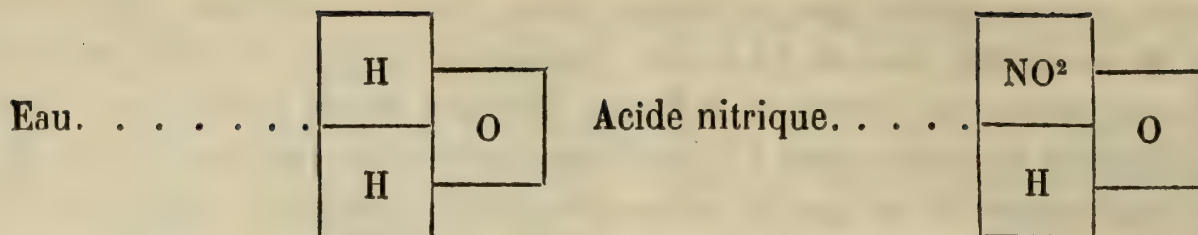
« La benzine est le meilleur dissolvant du caoutchouc; on l'emploie généralement pour enlever les taches d'huile ou de graisse.

« Le phénol traité par l'acide nitrique nous donne une belle couleur jaune, que les chimistes appellent *acide carbazotique* ou *picrique*. De plus, la créosote du commerce est presque entièrement formée d'acide phénique.

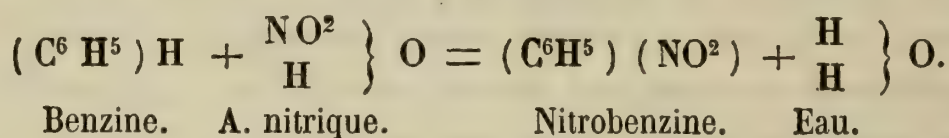
« L'aniline, enfin, est la matière première du mauve et du magenta, et réclame une attention toute particulière.

« L'huile de houille ne contient pas assez d'aniline pour qu'on puisse l'extraire sur une échelle un peu considérable. Les chimistes, heureusement, possèdent une série de procédés à l'aide desquels l'aniline peut être produite en grandes quantités. Ainsi la benzine (ou hydrure de phényle) est facilement convertie en aniline ou ammoniaque phénylée. Ce corps, en effet, se dissout rapidement dans l'acide nitrique fumant, en produisant un liquide d'un rouge foncé; l'addition de l'eau en sépare une huile lourde qui se rassemble au fond du vase, et qui est complètement différente de la benzine, laquelle nage à la surface de l'eau.

« Rappelons-nous maintenant que l'acide nitrique, rapporté à nos types, peut être considéré comme de l'eau dans laquelle un atome simple d'hydrogène a été remplacé par un atome composé, formé d'azote et d'oxygène :

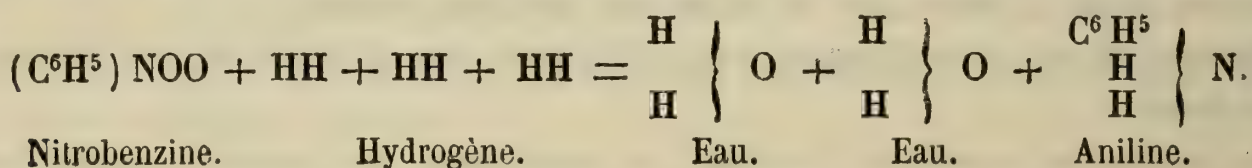


« Dans l'action de l'acide nitrique sur la benzine, il y a échange entre l'atome simple de cette dernière et l'atome composé du premier; il se forme de l'eau et de la nitrobenzine, qui n'est autre chose que le liquide jaune et dense obtenu plus haut.



« La transformation de la benzine en nitrobenzine, découverte par Mitscherlich, est seulement une opération préparatoire à la production de l'aniline.

« Le procédé pour la conversion de la nitrobenzine en aniline a été découvert par Zinin; il consiste à soumettre la nitrobenzine à l'action de l'hydrogène naissant. Sous l'influence de cet agent, l'atome composé N O², qui, dans la nitrobenzine est associé au phényle, est décomposé; son oxygène se convertit en eau, et le reste, formé d'azote et de phényle, s'assimile la quantité d'hydrogène nécessaire pour former la phénylamine ou aniline :



« L'hydrogène nécessaire à cette réaction peut être fourni par de nombreux procédés.

« L'une des meilleures méthodes, due à M. Béchamp, consiste à soumettre la nitrobenzine à l'action du fer métallique et de l'acide acétique. Le mélange de ces trois corps, dans une cornue, donne lieu à une réaction énergique, d'où résulte un liquide huileux, l'aniline, facile à reconnaître au magnifique nuage pourpre qu'elle produit avec une solution de chlorure de chaux. C'est cette réaction qui décela, pour la première fois, il y a longtemps, la présence de l'aniline dans l'huile de houille. De là le nom de *kianol* (huile bleue) donné originairement à l'aniline de goudron. On savait bien que d'autres agents d'oxydation, tels que l'acide chromique, pouvaient également produire, avec l'aniline, des composés colorés; mais toutes ces couleurs étaient complètement éphémères. Le nuage violet produit par l'action du chlorure de chaux se change, en effet, rapidement en un précipité d'un rouge sale. C'est M. Perkin qui, le premier, a réussi à isoler cette belle couleur violette en soumettant, dans des conditions convenablement choisies, l'aniline à l'action du bichromate de potasse et de l'acide sulfurique.

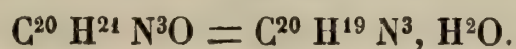
« Les détails qui précèdent montrent donc pas à pas les développements qu'a

reçus cette nouvelle et importante branche de l'industrie chimique. Grâce à l'obligeance de M. Perkin, je puis montrer ici de magnifiques échantillons de son violet d'aniline ou mauve, à l'état sec et en solution. Ainsi ce cylindre brun, doué de ce remarquable reflet cuivré, c'est le violet sec et solide. Il est facile d'apprécier son pouvoir tinctorial extraordinaire, car cette magnifique solution violette qui est à côté ne contient pas plus de $1/10$ de grain de mauve par gallon d'alcool (5 milligrammes par 4 litres $1/2$). La valeur commerciale de cette substance est très-grande ; à poids égaux et à l'état pur, elle est vendue le même prix que le platine métallique. On connaît peu de chose relativement à sa nature chimique ; sa composition n'est point encore déterminée, et la réaction qui lui donne naissance est encore entièrement inexpliquée.

« Le nom de *magenta* est un des noms de fantaisie donnés au rouge splendide qui se forme par l'action des agents oxydants sur l'aniline. Cette substance fut observée pour la première fois dans des recherches purement scientifiques, et plus spécialement dans l'action du tétrachlorure de carbone sur l'aniline. Un chimiste français, M. Verguin, l'a obtenue sur une plus grande échelle par l'action du tétrachlorure d'étain sur l'aniline. Au nombre des autres procédés successivement proposés et employés, citons le traitement de l'aniline par le chlorure ou le nitrate de mercure, par l'acide arsénique, etc. Enfin le *magenta*, souvent appelé *fuchsine*, *roséine*, etc., est devenu bientôt un produit d'une consommation considérable, grâce au puissant essor qu'il a reçu tant en France qu'en Angleterre.

« Parmi les diverses réactions connues, celle qui se prête le mieux à une expérience, c'est celle du sublimé corrosif (chlorure de mercure) sur l'aniline. En mélangeant ces deux corps dans une capsule et remuant constamment, on obtient une pâte liquide incolore ; mais, sous l'influence d'une douce chaleur, la masse prend instantanément une magnifique couleur rouge, dont une seule goutte suffit pour colorer un grand vase rempli d'alcool.

« A l'état pur, le magenta est un beau corps cristallin, entièrement incolore ou légèrement teinté ; il est représenté par la formule :



« La *rosaniline* (tel est le nom sous lequel les chimistes désignent le corps incolore) est une base ou un dérivé de l'ammoniaque, qui forme une série de sels magnifiques. Avec l'acide chlorhydrique, par exemple, elle produit un beau sel cristallin ayant pour formule :



« C'est à l'état de combinaison saline que la rosaniline agit comme matière colorante rouge. Les sels de rosaniline ne sont rouges qu'en solution. A l'état sec, ils se présentent sous la forme d'une magnifique substance cristalline verte, offrant le brillant éclat métallique des ailes du scarabée d'or.

« Après avoir expliqué les différents états de transition par lesquels passe la houille

avant de se transformer en mauve ou en magenta, il n'est pas sans intérêt de connaître la proportion de matière colorante que ce combustible peut donner.

« Pour cela, considérons une série d'échantillons, commençant par un bloc de houille pesant environ 100 livres (45^k,30); les flacons suivants contiennent les produits, huile de goudron, naphte, benzine, nitrobenzine et aniline, que l'on peut retirer successivement de ce bloc de charbon.

« Le volume de ces matières diminue graduellement jusqu'au magenta, dont le volume est très-petit, insignifiant même; et cependant voici la masse de laine que cette minime quantité peut teindre; elle représente à très-peu près le volume de houille pris pour point de départ. Cette comparaison suffit pour montrer le pouvoir tinctorial extraordinaire que possède cette classe de matières colorantes.

« Lorsqu'on veut teindre avec ces couleurs, il suffit d'introduire dans des solutions de mauve et de magenta, l'un après l'autre, des échantillons de soie et de laine tissés ou non tissés. Ces matières n'exigent aucune préparation; elles se teignent simplement par immersion, sans l'aide d'aucun mordant. Mais il s'agit là de substances animales, et les matières végétales, telles que le coton et la toile, sont loin de se comporter de la même manière. En effet, si elles n'ont point été préalablement soumises à un traitement spécial, elles subissent à peine l'action de ces couleurs.

« Quelques mots maintenant sur la partie historique de notre sujet :

« Le benzol, si souvent mentionné, et que l'on peut regarder comme la matière première, capable, sous l'influence des agents chimiques, de revêtir des formes si remarquables, le benzol a été découvert par Faraday en 1825. Entre les mains de Mitscherlich, Zinin, Gerhardt et Laurent, entre celles de Charles Mansfield et de beaucoup d'autres, ce corps a servi puissamment à l'avancement des sciences chimiques, et a contribué à l'établissement de plusieurs des théories les plus importantes. La base scientifique établie, le moment de l'application devait un jour arriver, et des substances qui jusqu'alors étaient restées exclusivement dans le domaine de la science philosophique sont venues prendre rang dans celui de la vie industrielle.

« Mais il y a une morale à tout ce que nous venons de dire : lorsque quelque travailleur plein d'enthousiasme s'écrie : « J'ai découvert un corps nouveau ! » ne glacez pas sa noble ardeur par cette question terrible : A quoi peut-il être bon ? laissez-le achever sa tâche, l'application viendra en temps voulu ; laissez-le, je le répète, se livrer à la recherche de la vérité, de la vérité pure et simple, non pour l'amour du mauve ou du magenta, laissez-le poursuivre la vérité pour l'amour de la vérité. »

(A.)

CHIMIE MÉTALLURGIQUE.

ÉTUDES SUR L'ACIER, PAR M. H. CARON.

I.

« Karsten avait remarqué qu'en attaquant l'*acier non trempé* par les acides on obtient comme résidu une matière graphiteuse, qui n'apparaît plus lorsque l'on substitue l'*acier trempé* à l'*acier non trempé*; cette matière graphiteuse était, selon lui, un composé défini de 6 atomes de charbon et 1 atome de fer, matière que cependant il n'a jamais pu obtenir à l'état de pureté.

« Berthier, en traitant par l'iode l'acier fondu qu'il ne dissolvait pas complètement, a séparé un autre carbure, auquel il a attribué une composition représentée par des équivalents égaux de charbon et de fer; mais il ne semble pas qu'il ait attaché à son expérience une bien grande importance, puisqu'il n'en parle plus dans son *Traité des Essais par la voie sèche*.

« Dans les nombreuses analyses d'acier que j'ai été à même de faire, je n'ai jamais pu trouver le polycarbure de Karsten, bien que j'aie attaqué comme lui (1) les aciers par des acides très-dilués ou peu énergiques; je n'ai pas été plus heureux en employant, d'après Berthier (2), le brome et l'iode comme dissolvants, et j'ai remarqué que, dans tous les cas, ce prétendu carbure de fer variait de composition, non-seulement avec la qualité des aciers et la nature des dissolvants employés, mais encore avec la forme et la dimension des échantillons d'acier analysé. J'ai dû en conclure que ce carbure n'était probablement qu'un mélange de charbon et de métal, dans lequel ce dernier se trouve protégé mécaniquement par le charbon contre l'action dissolvante. Les expériences dont je vais parler me permettront, j'espère, d'apporter un élément de plus dans l'étude de ces faits, en donnant des résultats numériques qui peuvent servir, selon moi, à déterminer l'état véritable du charbon dans des aciers de différentes qualités.

« Je prends l'acier à trois états différents : 1° tel qu'il sort des caisses de cémentation; 2° tel qu'il est après un martelage prolongé. J'en détache, au moyen d'une machine à raboter, des copeaux de dimensions semblables, dont je trempe une partie pour former un troisième lot. Je pèse 500 grammes de chacune de ces matières, que j'introduis dans trois ballons avec les mêmes quantités d'acide chlorhydrique concentré; le tout est chauffé dans une étuve. On s'aperçoit bientôt que la matière graphiteuse n'est pas en égale quantité dans les trois ballons, et même qu'elle est sensiblement nulle dans celui qui contient l'acier trempé. On décante le liquide des ballons dans trois grands vases et on lave bien le métal restant, de manière à laisser à

(1) Karsten, t. I, p. 169 et suivantes.

(2) *Annales des mines*, 3^e série, t. III, p. 209.

l'état de pureté la matière première non dissoute et à permettre d'en prendre le poids après dessiccation dans l'hydrogène; la matière graphiteuse, enlevée en même temps que l'acide, est lavée, séchée à l'étuve et pesée; on la calcine à l'air, on pèse de nouveau. Le résidu, introduit dans une nacelle de platine, est chauffé dans l'hydrogène et encore pesé, puis enfin traité par un mélange d'acide chlorhydrique gazeux et d'air (1), qui ne laisse dans la nacelle que la silice dont on prend le poids. Avec ces données, on détermine aisément la composition de la matière graphiteuse et sa proportion dans l'acier. J'ai obtenu ainsi les résultats suivants :

Acier de cémentation, résidu pour 100 grammes de métal dissous.	gr. 1,624 A.
Acier de cémentation, martelé, résidu pour 100 grammes de métal dissous.	1,243 B.
Acier de cémentation, trempé, résidu pour 100 grammes de métal dissous. .	0,240 C.

« Ces résidus analysés contiennent :

	A	B	C
	gr.	gr.	gr.
Charbon.	0,825	0,560	traces.
Fer.	0,557	0,445	traces.
Silice.	0,242	0,238	0,240
	<u>1,624</u>	<u>1,243</u>	<u>0,240</u>

« Ainsi l'effet produit d'une manière complète par la trempe se trouve réalisé partiellement par le martelage, et les qualités qui constituent l'acier semblent croître en même temps qu'augmente la proportion du charbon combiné plus intimement avec le fer. Je m'exprime ainsi, parce qu'on admet généralement que plus la quantité de charbon séparé par les acides est considérable, moins est intime sa combinaison avec le métal.

« Je ne pourrais rapporter ici toute la série des analyses que j'ai exécutées d'après cette méthode sur les aciers de diverses espèces, et en particulier sur des aciers plus ou moins martelés; voici ce qui résulte de ces analyses : en même temps que le corroyage bonifie l'acier, en même temps il diminue la proportion de charbon que les acides en séparent. J'ai remarqué également que les aciers laminés laissent un résidu charbonneux plus considérable que les aciers martelés, toutes circonstances égales d'ailleurs, ce qui est d'accord avec l'observation, puisque l'action du laminoir est loin d'être aussi puissante que l'action du marteau pour améliorer l'acier.

« Le même système d'expériences et d'analyses m'a permis d'établir que les effets de la chaleur sont sensiblement inverses de ceux que produisent le martelage et la trempe. Ainsi de l'acier trempé, ayant été recuit pendant un temps variant entre quelques heures et plusieurs jours, a donné, après dissolution, des quantités de charbon libre qui ont augmenté en même temps que la durée et l'intensité des chauffes; les aciers recuits ne reprennent leurs qualités primitives, ainsi que leurs propriétés chimiques en face des acides, qu'après le martelage ou la trempe.

(1) Par la méthode que j'ai décrite (*Comptes rendus*, 1860, t. LI, p. 938, et *Bulletin de la Société d'encouragement*, 1860, 2^e série, t. VII, p. 725.

« Pour confirmer ce résultat, j'ai opéré, de la manière déjà décrite, sur de la fonte blanche que Karsten assimile à juste titre à l'acier trempé, et j'ai observé la même variation, mais plus prononcée, entre les quantités de charbon libre et la durée du recuit (1).

« L'affinité du charbon et du fer est donc assez faible, puisque la chaleur seule (lorsqu'elle n'est pas portée jusqu'au point de fusion du métal) suffit pour les désunir plus ou moins complètement et altérer les qualités de l'acier; mais cette affinité peut être puissamment modifiée lorsqu'on introduit dans l'acier une matière étrangère ou qui paraît étrangère à sa constitution. J'ai étudié cette influence au point de vue et par les méthodes que je viens d'exposer, en introduisant successivement dans l'acier fondu et en proportions variables les différents corps simples que l'on peut trouver dans les aciers du commerce; ce sera l'objet d'une prochaine communication. »

II.

« *Trempe de l'acier.* — J'ai montré analytiquement la différence qui existe entre l'acier *non trempé*, l'acier *martelé* et l'acier *trempe*; j'ai fait voir que l'effet produit d'une manière complète par la trempe se trouve réalisé partiellement par le martelage. Cet effet, c'est la combinaison intime du charbon et du fer; il me suffira donc maintenant, pour expliquer le phénomène de la trempe, de démontrer qu'en refroidissant brusquement un morceau d'acier on soumet, en réalité, ce métal à une compression presque instantanée qui a la plus grande analogie avec le choc d'un marteau.

« Je prends une barre d'acier de qualité supérieure, je la chauffe rapidement à la température nécessaire pour obtenir une bonne trempe, et je la plonge immédiatement dans l'eau froide. Voici les changements qu'on remarque dans les dimensions de cette barre :

	Avant.	Au rouge.	Après la trempe.
Dimensions en centimètres. .	20,00	20,32	19,95
	1,00	1,03	1,01
	1,00	1,03	1,01
Volume en centimètres. . . .	20,000	21,557	20,351

« D'après les nombres qui précèdent, il est facile de reconnaître que la barre portée au rouge s'est dilatée de 20^{cc},000 à 21^{cc},557; en la trempant dans l'eau, son volume est revenu à 20^{cc},351; l'effet de la trempe sur le métal a donc été de rapprocher brusquement les molécules les unes des autres par un mouvement tellement rapide, qu'il ressemble, dans ses effets physiques, au choc d'un marteau agissant en même temps dans tous les sens. C'est ce choc qui produit la combinaison entre le fer et le charbon. La température a pour effet de dilater le métal et de donner aux molécules la mobilité nécessaire pour qu'elles puissent se réunir; le refroidissement rapide, en les rapprochant brusquement, produit la combinaison.

(1) Cet effet n'est jamais complet et, quelle que soit la durée du recuit, il reste toujours une petite quantité de charbon combiné. J'ai pu le vérifier après quinze jours et quinze nuits de recuit. Je n'ai pas besoin de dire que, dans les expériences précédentes, le refroidissement des fontes ou des aciers recuits s'est toujours opéré dans les mêmes conditions.

« L'hypothèse d'une combinaison produite par un choc n'a rien que de très-vraisemblable; je pourrais citer bien des corps qui se combinent dans ces circonstances; néanmoins il sera préférable, je crois, de prouver par une expérience que la combinaison du fer avec le charbon ordinaire peut s'obtenir directement par le choc. Une barre de fer, portée au rouge vif, est martelée rapidement sur une enclume recouverte de charbon finement pulvérisé; lorsque cette barre s'est refroidie jusqu'au rouge sombre, on la trempe immédiatement dans l'eau froide. On reconnaît alors que, dans certaines places, le fer s'est transformé superficiellement en acier et peut parfaitement résister à la lime. Le même fer porté au rouge, refroidi au milieu du charbon sans être martelé, n'offre pas trace d'aciération après une trempe exécutée dans les mêmes conditions.

« Il est facile d'expliquer pourquoi le martelage ne peut produire une combinaison aussi complète que la trempe. Le martelage, en effet, ne rapproche les molécules que dans un sens seulement, tandis que la trempe agit en même temps dans tous les sens; de plus, la température qui persiste dans le métal après le choc du marteau tend, comme je l'ai démontré, à détruire la combinaison obtenue. Au contraire, après le choc résultant de la trempe, le métal est complètement froid; il n'y a plus de réaction possible, et la combinaison du fer avec le charbon ne peut plus être détruite que par une nouvelle application de la chaleur.

« *Des effets de la trempe.* — D'après Réaumur (1) et Rinman (2), le volume de l'acier trempé est de $\frac{1}{48}$ plus grand que celui de l'acier non trempé. Karsten (3), au contraire, dit qu'il n'est pas bien certain que tous les aciers trempés augmentent de volume et diminuent de densité. J'ai fait à ce sujet quelques recherches qui sont intimement liées à mes travaux chimiques sur l'acier; je demande la permission de les rapporter.

« Pour opérer la trempe de l'acier dans les conditions les plus favorables à la conservation de ses formes, je l'ai chauffé à l'abri de l'air dans un tube en terre rempli d'hydrogène.

« Une barre d'acier martelé, de 1 centimètre carré sur 20 centimètres de long, a été trempée; après la trempe, la longueur de la barre avait diminué de 0^{mm},5; les autres dimensions avaient augmenté de 0^{mm},06; quant à la densité, elle était un peu plus faible, 7,796 au lieu de 7,817. Avec d'aussi petites différences, il m'était difficile d'arriver à une conclusion bien nette; je pris donc le parti de répéter plusieurs fois la même opération, et j'obtins les nombres suivants :

	Avant la trempe.	Après 10 trempes.	Après 20 trempes.	Après 30 trempes.
(A)	20,00	19,50	18,64	17,97
Dimensions en centimètres.	0,94	0,96	0,97	1,00
	0,93	0,96	0,97	1,00

(1) Réaumur, *l'Art de convertir le fer forgé en acier*, p. 338.

(2) Rinman, t. I, p. 220 à 228.

(3) Karsten, t. III, p. 380.

« Ainsi une barre d'acier de 20 centimètres de long, sous l'influence de 30 trempes successives, a diminué de près de 2 centimètres, c'est-à-dire d'un dixième environ de sa longueur. Après avoir subi ces 30 trempes, elle fut blanchie à la meule et au papier d'émeri, et je pus constater que sa densité, qui était, avant l'opération, de 7,817, était devenue de 7,743. Le volume avait donc augmenté, ce qu'on pouvait constater, du reste, par une mesure directe. Je dois dire aussi que cette barre avait presque complètement conservé la vivacité de ses arêtes, et qu'il était tout à fait impossible d'attribuer sa diminution de longueur à une oxydation répétée. Ces expériences, renouvelées sur un grand nombre de barres d'acier de bonne qualité (1), me donnèrent toujours les mêmes résultats, et je dus en conclure que, sous l'influence de la trempe, l'acier en barre diminuait dans sa longueur, mais augmentait en largeur et hauteur dans des proportions telles, que sa densité devenait moindre.

« Néanmoins l'opinion de Karsten, que j'ai citée plus haut, et la différence (analytiquement parlant) que je rencontrais entre les aciers diversement fabriqués, me portèrent à continuer ces recherches. Je pris alors des aciers étirés au banc et des aciers laminés; je fis des essais sur des barres prises dans des tôles d'acier d'Allemagne, soit en long, soit en travers. Voici sommairement les résultats que j'obtins :

	Dimensions avant la trempe.	Dimensions après 10 trempes.
Acier rond étiré au banc.	20,05 1,16	19,98 1,16
Acier laminé (tôle d'Allemagne).	20,00 1,51 3,70	20,45 1,51 3,70

« En tenant compte des chiffres donnés plus haut (A), on voit que, sous l'influence de la trempe, 1° l'acier réduit en barre au moyen du marteau diminue dans le sens de l'étirage; 2° l'acier rond obtenu en partie au marteau et ensuite étiré au banc (2) change à peine de longueur; 3° l'acier laminé pris soit en long, soit en travers des feuilles de tôle, augmente de longueur (3).

« La densité diminue dans tous les cas de la même façon.

« Ainsi donc, une barre d'acier peut, par la trempe, prendre des dimensions nouvelles, mais variables en plus ou en moins, suivant la manière dont le métal a été travaillé. On s'explique facilement par là pourquoi les objets minces, comme les limes, par exemple, peuvent se voiler à la trempe; il suffit que, dans le forgeage, l'acier ait été plus frappé sur une face que sur la face opposée. Au moment de l'immersion dans l'eau, le côté qui s'est le plus allongé à la forge diminue plus que l'autre par la trempe et produit le défaut que je viens de signaler.

(1) Il est nécessaire que l'acier soit de très-bonne qualité, autrement il se fend après quelques trempes.

(2) C'est le procédé de fabrication employé habituellement.

(3) Je n'ai jamais pu soumettre cet acier à de nombreuses trempes, parce qu'il devient criqué et se déforme très-vite.

« L'effet du refroidissement subit de l'acier lorsqu'on le trempe peut être, sous d'autres rapports, assimilé à l'effet produit par le choc d'un marteau. Si mon hypothèse est juste, il est bien clair que plus le refroidissement sera brusque, plus la force vive correspondante (qui représente le choc) sera considérable et plus l'acier devra prendre de dureté, d'aigreur, de retrait ou d'augmentation. C'est en effet ce que l'on pourra conclure du tableau suivant, dans lequel on trouvera la durée du refroidissement d'une même barre d'acier plongée dans des liquides convenablement choisis et les effets correspondants de la trempe sur le métal.

	Eau.	Eau.	Eau (1) et 10 pour 100 de dextrine.	Alcool à 36°.
Température du liquide avant la trempe.	10°	50°	10°	18°
» » après la trempe.	22°	61°	23°	30°5
Durée du refroidissement du métal. . . .	4''7	11''3	13''2	21''7
Qualité de la trempe.	bonne	faible	très-faible	nulle
Diminution dans la longueur de la barre				
après dix trempes.	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{147}$	$\frac{1}{172}$	insensible

« Il serait trop long de rapporter ici tous les résultats que j'ai obtenus en trempant l'acier dans un grand nombre de liquides tels que le mercure, l'eau chargée de différents sels ou acides, l'eau recouverte d'huile ou tenant en dissolution des matières mucilagineuses ou sirupeuses, l'huile, etc., etc. Je me bornerai seulement à dire que la dureté, l'aigreur, ainsi que les autres effets produits par la trempe, semblent toujours être inversement proportionnels au carré de la durée du refroidissement du métal (2). Ainsi donc, dans cette circonstance, on peut encore assimiler l'effet de la trempe à l'effet produit par le choc d'un marteau sur le métal porté au rouge. »

III.

« Presque tous les bons aciers du commerce proviennent originairement de minerais carbonatés ou d'hématites fortement chargés de manganèse, et l'on a remarqué depuis longtemps que la présence de ce métal était à peu près indispensable pour obtenir des aciers de qualité supérieure. Quel est le rôle du manganèse dans la fabrication de l'acier? Les expériences suivantes ont pour but d'expliquer cette partie intéressante de la fabrication de l'acier. Je vais faire voir que, par une addition convenable de manganèse métallique, on peut débarrasser les fontes du soufre et du silicium qu'elles contiennent, mais que le phosphore résiste à l'action épurative du manganèse.

« La fonte de fer qui me sert de point de départ a été faite de toutes pièces en fondant du fer de très-bonne qualité avec du charbon de bois exempt, autant que

(1) Il y a quelques années, M. Blondlot a remarqué que l'acier trempé dans des liquides mucilagineux ne prenait pas de dureté. (Extrait des Mémoires de l'Académie de Stanislas.)

(2) La durée de ce refroidissement dépend naturellement de la température, de la densité, de la chaleur spécifique, de la conductibilité, et peut-être aussi de la mobilité du liquide employé pour la trempe.

possible, de phosphore, de soufre et de silicium. Cette fonte, qui ne contient que des traces de silicium, peut être considérée comme une fonte relativement pure.

« Je partage ma fonte en trois lots : le premier est refondu avec une certaine quantité de phosphure de fer, le second avec du sulfure de fer, et enfin le dernier avec du siliciure de fer. J'obtiens ainsi trois espèces de fontes, phosphorée (A), sulfurée (B), silicée (C), sur lesquelles vont porter mes expériences.

Fonte phosphorée (A).

« Deux quantités égales de la fonte (A) sont placées dans deux creusets, l'une sans addition d'aucun autre corps, l'autre avec 6 pour 100 de manganèse métallique (1); on maintient le métal en fusion pendant une heure et on coule. Dans cette opération, les fontes sont soumises à un léger affinage produit par l'atmosphère oxydante du creuset.

« En voici l'analyse :

	Pour 100 de fonte.	
	Phosphore.	Manganèse.
Fonte phosphorée (A)	0,83	»
N° 1. Fonte phosphorée refondue seule.	0,82	»
N° 2. Fonte phosphorée refondue avec 6 pour 100 de manganèse..	0,80	4,58
Les fontes n° 1 et n° 2, refondues une deuxième et une troisième fois de la même manière, mais sans additions nouvelles, donnent à l'analyse :		
N° 1. Deuxième fusion sans addition.	0,79	»
N° 2. Deuxième fusion sans addition.	0,78	3,74
N° 1. Troisième fusion sans addition.	0,78	»
N° 2. Troisième fusion sans addition.	0,76	1,62
Enfin on soumet la fonte phosphorée (A) à un affinage plus énergique en la fondant avec 10 pour 100 d'oxyde de fer; on obtient ainsi :		
Fonte phosphorée (A) refondue avec 10 pour 100 d'oxyde de fer.	0,76	»
Fonte phosphorée (A) refondue avec 10 pour 100 d'oxyde de fer et 8 pour 100 de manganèse.	0,74	1,57

« On peut conclure de ces analyses que, dans l'affinage d'une fonte phosphorée, le manganèse ne peut servir efficacement pour l'expulsion du phosphore. Il n'en est pas de même pour la fonte sulfurée.

(1) Ce manganèse, dont j'indiquerai plus tard la préparation, contient :

Fer.	1,0
Charbon.	5,5
Silicium.	0,5
Manganèse p. d.	93,0
	100,0

Fonte sulfurée (B).

« La fonte sulfurée (B) est traitée absolument de la même manière, et j'adopterai la même notation que pour la fonte précédente.

	Pour 100 de fonte.	
	Soufre.	Manganèse.
Fonte sulfurée (B).	1,15	»
N° 1. Fonte sulfurée refondue seule.	1,14	»
N° 2. Fonte sulfurée refondue avec 6 pour 100 de manganèse. . .	1,15	3,92
N° 1. Deuxième fusion sans addition.	1,05	»
N° 2. Deuxième fusion sans addition.	0,10	2,81
N° 1. Troisième fusion sans addition.	0,96	»
N° 2. Troisième fusion sans addition.	0,08	1,73
Fonte sulfurée (B) refondue avec 10 pour 100 d'oxyde de fer. . .	1,08	»
Fonte sulfurée (B) refondue avec 10 pour 100 d'oxyde de fer et 6 pour 100 de manganèse.	0,07	1,22

« On voit, d'après ces résultats, que, par une simple fusion dans un creuset où l'air a accès, le manganèse enlève à la fonte plus des 7/10 du soufre qu'elle contient. Cette opération, recommencée plusieurs fois sans addition nouvelle de manganèse, ne produit plus d'aussi grands effets, et il semble que la proportion de manganèse nécessaire pour l'épuration doive être encore assez considérable, car en refondant cette même fonte avec une nouvelle dose de manganèse on parvient à ne plus lui laisser que des traces de soufre.

Fonte silicée (C).

« La fonte silicée (C), traitée comme les précédentes, donne aussi des résultats particuliers.

	Pour 100 de fonte.	
	Silicium.	Manganèse.
Fonte silicée (C).	0,99	»
N° 1. Fonte silicée refondue seule.	0,88	»
N° 2. Fonte silicée refondue avec 6 pour 100 de manganèse. . .	1,30	4,77
N° 1. Deuxième fusion sans addition.	0,80	»
N° 2. Deuxième fusion sans addition.	1,66	2,98
Le manganèse employé dans ces conditions augmente la quantité de silicium de la fonte, d'abord parce qu'il en contient lui-même, et ensuite parce qu'il réduit la silice des creusets. Il n'en est plus ainsi lorsqu'on affine la fonte par une addition d'oxyde de fer.		
Fonte silicée (C).	0,99	»
N° 1. Fonte silicée refondue avec 10 pour 100 d'oxyde de fer. . . .	0,61	»
N° 2. Fonte silicée refondue avec 10 pour 100 d'oxyde de fer et 6 pour 100 de manganèse.	0,37	2,52
N° 1. Deuxième fusion avec 10 pour 100 d'oxyde de fer.	0,52	»
N° 2. Deuxième fusion avec 10 pour 100 d'oxyde de fer (sans manganèse).	0,18	1,10

« On peut conclure de ces analyses que, dans l'affinage de la fonte, le manganèse sert à expulser une grande quantité de silicium.

« Il résulte de toutes ces expériences que, dans les opérations d'affinage telles qu'elles se pratiquent dans l'industrie,

« 1° Le phosphore des fontes n'est pas enlevé par le manganèse;

« 2° Le soufre, même sans affinage, peut disparaître en présence du manganèse;

« 3° Le silicium est en grande partie entraîné par le manganèse lorsqu'on affine la fonte.

« Ces observations sont, du reste, confirmées par l'expérience; les minerais cités plus haut et qui donnent les meilleurs aciers contiennent très-souvent du soufre, mais jamais de phosphore; et, chose remarquable, bien que ces minerais renferment des pyrites cuivreuses, les fontes qui en proviennent ne contiennent cependant pas de soufre.

« Là ne se borne pas cependant le rôle du manganèse; quoique ce métal ne soit pas un corps aciérant, comme l'a fort bien démontré Karsten, il est néanmoins incontestable qu'il a la propriété de rendre les aciers meilleurs et surtout plus durables. Cette propriété est facile à expliquer en s'appuyant sur les faits que j'ai signalés précédemment.

« Lorsqu'on ajoute à une fonte grise, dont le charbon est en grande partie à l'état libre, une quantité suffisante de manganèse métallique, on obtient une fonte blanche dans laquelle le charbon est presque complètement à l'état combiné. L'effet est le même dans l'acier: une dose très-faible de manganèse suffit pour retenir le charbon à l'état de combinaison, et donner par suite au métal les propriétés qui caractérisent si nettement l'acier de bonne qualité. Cependant l'acier ne devra jamais contenir plus de 5/1000 de manganèse; au-dessus de cette limite il devient dur et cassant, la cassure prend l'aspect cristallin et le métal perd une grande partie de sa ténacité. Le manganèse a, de plus, la propriété de rendre soudables les aciers qui ne l'étaient pas.

« Les maîtres de forges font souvent, dans le but d'améliorer leurs produits, des mélanges de fontes ordinaires et de fontes manganésifères qui sont ensuite affinées ensemble. D'après les expériences dont je viens de donner les résultats, il est facile de voir que les fontes manganésifères auront une action d'autant plus épurative qu'elles contiendront plus de manganèse; il y aurait donc un grand intérêt, pour l'industrie, à réduire les minerais manganésifères de manière à obtenir le plus possible de manganèse dans les fontes. Ainsi, par exemple, le fer spathique du pays de Siégen contient environ 15 à 20 de manganèse pour 100 de fer, et cependant les fontes qui proviennent de ce minerai n'en renferment guère plus de 6 à 7 pour 100. Si l'on parvenait, en changeant l'allure du haut fourneau ou la nature et la quantité des fondants, à porter ce dernier nombre à 10 pour 100, on obtiendrait certainement des fontes d'une plus grande valeur commerciale. J'ai fait à ce sujet quelques expériences

que j'aurai prochainement l'honneur de communiquer à l'Académie. » (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences.*)

AGRICULTURE.

NOTE SUR LA CHARRUE A VERSOIR ROTATIF (SYSTÈME COUGOUREUX) PERFECTIONNÉE ET CONSTRUITE PAR M. PELTIER JEUNE, RUE DES MARAIS-ST.-MARTIN, 45. (PL. 270.)

Depuis quelque temps la mécanique agricole suit le mouvement général qui entraîne vers le progrès toutes les branches de l'industrie, et les concours régionaux institués dans un but d'émulation si éminemment utile sont appelés, chaque année, à se prononcer sur la valeur des inventions ou des perfectionnements ayant pour but soit d'améliorer le travail de la terre, soit de diminuer le coût des façons appliquées à ce travail ainsi qu'à toutes les opérations qui en sont la suite. Aujourd'hui le fauchage et le moissonnage peuvent se faire mécaniquement, et peut-être un jour en sera-t-il de même du labourage, si l'on en croit les nombreuses expériences entreprises en Angleterre d'abord, et plus récemment en France, avec les appareils imaginés par MM. Fowler et Howard (1). Ce sont là de grands problèmes à la solution desquels de nombreux efforts sont appliqués dans les deux pays; mais, à côté des inventions auxquelles ils donnent naissance, il en est d'autres qui, pour sembler plus modestes, n'en sont pas moins tout aussi utiles parce qu'elles sont d'une application plus générale, comme celle dont nous voulons parler ici.

M. Cougoureux, simple cultivateur du Tarn-et-Garonne, a eu l'idée, pour faciliter son travail de labour, de supprimer toute la partie postérieure du versoir de sa charrue, celle qui forme une surface gauche, et de la remplacer par un disque mobile incliné, se mouvant sous l'impulsion de la terre soulevée par le soc et entraînant une partie de cette terre qu'il rejette dans son mouvement de rotation. Telle qu'elle était dans le principe, la charrue de M. Cougoureux ne pouvait être d'une application générale; construite par l'inventeur lui-même dans des conditions tout à fait rudimentaires et pour les besoins spéciaux de la localité qu'il habite, elle réclamait des modifications de détail qui en fissent un instrument capable de fonctionner partout avec le même succès; c'est là ce qu'a entrepris M. Peltier jeune qui s'est rendu acquéreur du brevet de M. Cougoureux.

La planche 270 représente l'appareil perfectionné que ce constructeur a envoyé récemment aux concours régionaux de Chartres, d'Agen et de Nîmes, dans chacun desquels il a obtenu une médaille d'or. Il consiste 1° en un corps de charrue composé

(1) Le *Bulletin* publiera très-prochainement le rapport fait par M. Hervé Mangon, au nom du jury international de l'Exposition universelle de 1862, sur le labourage à vapeur.

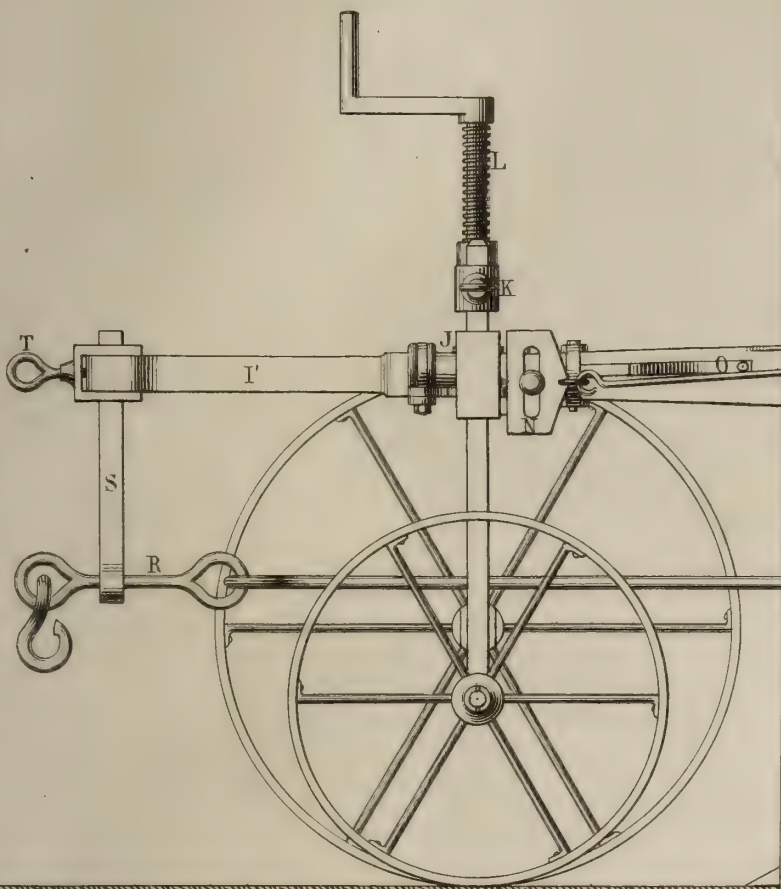


Fig. 3.

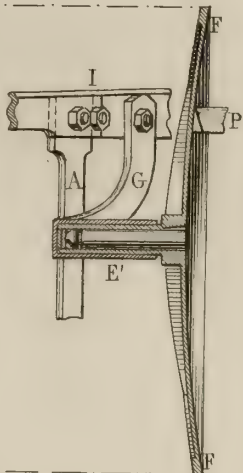


Fig. 4.

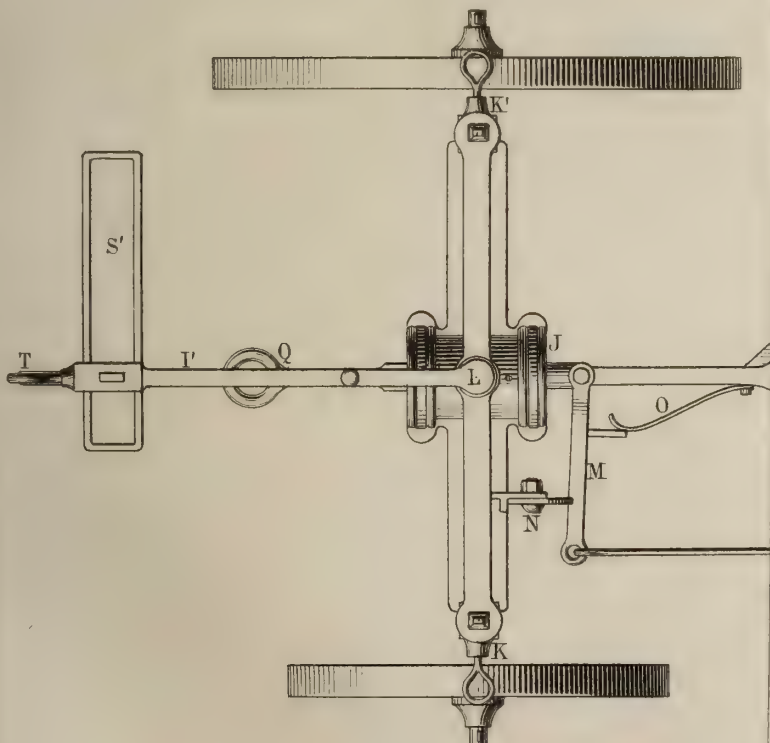
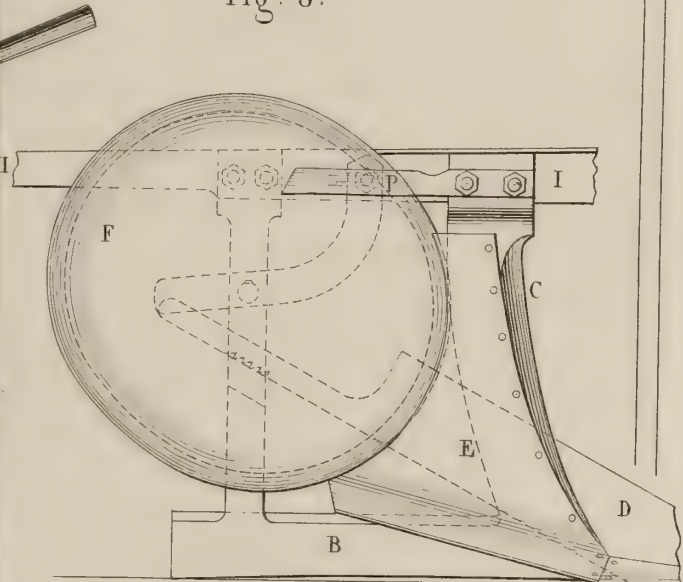
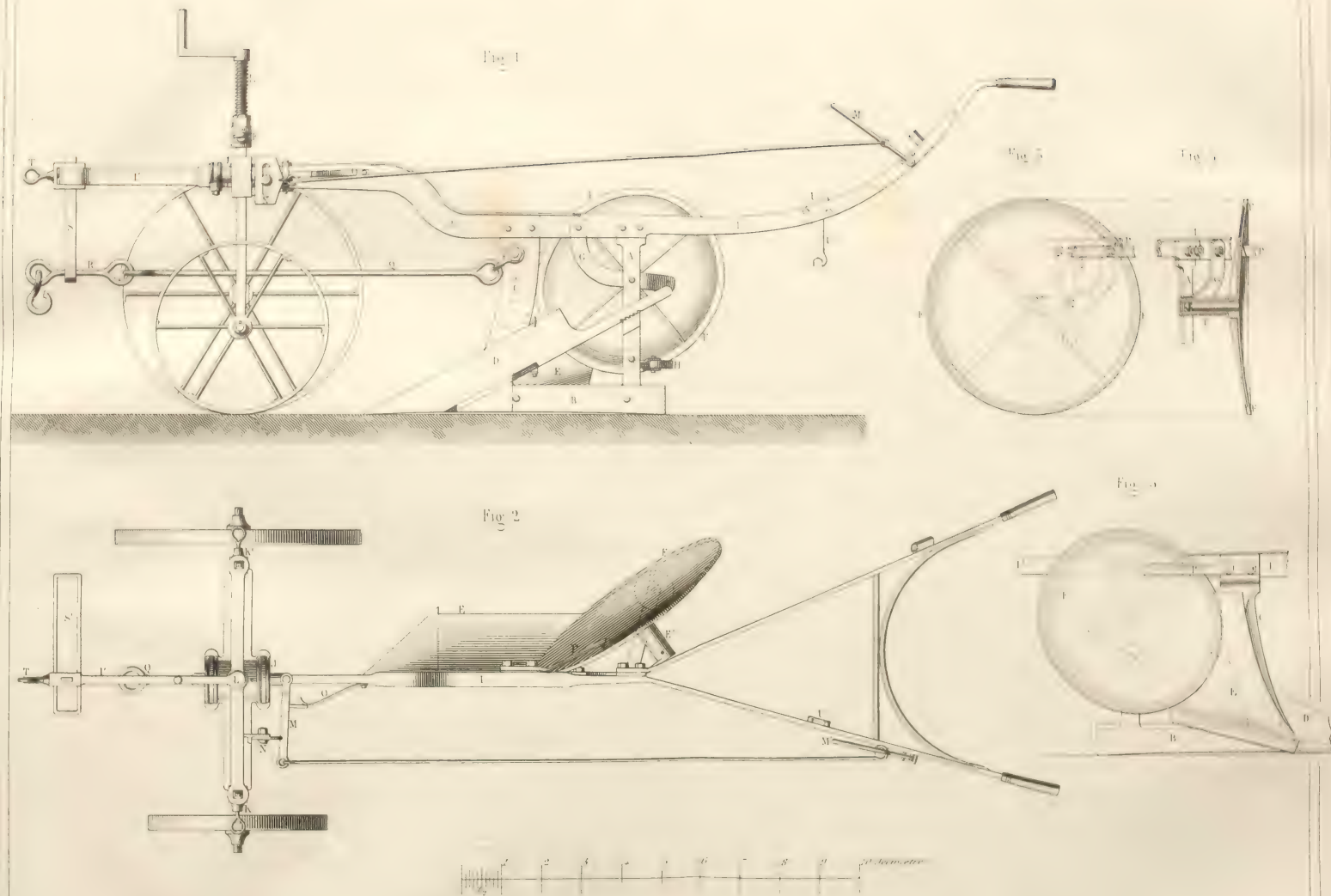


Fig. 5.





d'une muraille dans laquelle est pratiquée une rainure pour recevoir le coutre, lequel est incliné à peu près de 45 degrés et forme en quelque sorte une pointe de soc mobile; 2° en un avant-corps ou commencement de versoir ordinaire, recevant le soc presque plat qui se relie au coutre; 3° enfin en un disque circulaire, légèrement concave, monté sur un axe tournant dans une douille et maintenu dans le même plan de rotation par un galet placé derrière, qui l'empêche de céder à la pression de la bande de terre soulevée par le soc; une raclette fixe, contre laquelle tourne ce disque, en détache la terre lorsqu'elle est trop collante.

A la muraille est fixé un age à deux mancherons, auquel se relie un système d'avant-train à la fois solide et léger, combiné pour permettre de labourer dans les conditions diverses de nivellement du sol; c'est ainsi que les roues sont de diamètres différents et montées d'une manière indépendante l'une de l'autre, de telle sorte que la plus grande peut rester au fond de la raie tandis que la petite roule à un niveau supérieur, disposition qui permet de régler à volonté la profondeur du labour.

Un encliquetage très-simple permet non-seulement de donner au corps de charrue son inclinaison ordinaire et fixe malgré les pentes du sol, mais de le renverser instantanément pour le sortir de la raie lorsqu'il s'agit de tourner ou d'éviter un obstacle.

Enfin la traction s'opère directement sur le corps même de la charrue, au moyen d'une tringle en fer dont la partie antérieure peut être rendue mobile dans le sens vertical ou dans le sens horizontal, suivant les exigences de profondeur ou de largeur du labour qu'on veut exécuter.

Fig. 1. Vue de profil de la charrue prise du côté de la petite roue de l'avant-train.

Fig. 2. Plan de la charrue.

Fig. 3. Vue du disque du côté de sa face concave et dans un plan vertical parallèle à sa surface.

Fig. 4. Section du même disque suivant un plan vertical passant par son axe de rotation.

Fig. 5. Vue partielle de profil de la charrue du côté opposé à la vue de la figure 1.

A, étançon.

B, sep auquel l'éтанçon est boulonné.

C, muraille boulonnée au sep dans le plan vertical de l'éтанçon.

D, coutre maintenu contre la muraille par une rainure que lui présente celle-ci et par deux crampons placés verticalement en face l'un de l'autre; il s'accroche à l'éтанçon par une espèce de queue plate garnie de dents, lesquelles sont disposées en crémaillère de manière à permettre de l'avancer ou de le retirer à volonté pour prendre plus ou moins de terre.

E, avant-corps ou commencement de versoir fixe, portant le soc et se terminant contre le disque F auquel il présente une échancrure circulaire.

F, disque rotatif constituant la partie mobile du versoir; légèrement concave sur la face qui regarde l'avant-corps, il porte sur la face opposée quatre nervures diamétrales, se croisant à angles droits et au centre desquelles se trouve un axe qui fait corps

avec lui et tourne dans une douille E', laquelle est supportée par un bras recourbé G.

G, bras recourbé supportant la douille avec son disque, et boulonné à l'étauçon ainsi qu'à l'âge de la charrue.

H, galet à axe vertical, placé au bas du disque du côté de sa face convexe et contre un rebord plat sur lequel il roule sous l'impulsion de ce disque avec lequel il est constamment en contact; il est porté par une chape horizontale fixée à la partie inférieure de l'étauçon.

I I', âge avec ses deux mancherons, auquel sont boulonnées les pièces A, C et G; il est composé de deux parties d'inégales longueurs, dont l'une I' est fixe et l'autre I mobile, c'est-à-dire pouvant tourner dans un plan vertical de manière à permettre de renverser le corps de charrue suivant les exigences du terrain et du travail de labour.

J, cylindre ou douille réunissant la partie fixe avec la partie mobile de l'âge; il fait partie du cadre vertical de l'avant-train dont les montants, glissant dans des boîtes à coulisse, supportent chacune des roues.

K, K', vis de pression servant à régler, indépendamment l'une de l'autre, la position des roues de l'avant-train.

L, vis commandée par une manivelle et permettant, en agissant sur la barre horizontale du cadre de l'avant-train, de relever ou d'abaisser à la fois les deux roues d'une même quantité.

M, levier relié à la partie mobile de l'âge et servant, au moyen d'une tringle et d'une poignée M' fixée au mancheron de gauche, à renverser le corps de charrue.

N, encliquetage maintenant en position fixe le levier M et, par conséquent, le corps de charrue.

O, ressort fixé à l'âge et tendant constamment à repousser le levier M.

P, raclette boulonnée sur l'âge et frottant contre le disque pour faire tomber la terre qu'il entraîne dans son mouvement de rotation.

Q, barre de traction attachée, au moyen d'un anneau, à la muraille C.

R, maillon portant le crochet d'attelage et relié par un anneau à la barre Q.

S, tige soutenant le maillon R et pouvant le relever, l'abaisser ou l'entraîner soit à droite, soit à gauche, en couissant dans une glissière horizontale S' portée par la partie I' de l'âge.

T, vis de pression servant à fixer à demeure la tige S.

U, clef double s'accrochant à l'un des mancherons et servant au démontage des écrous.

Tous les organes de la charrue que nous venons de décrire sont en fer, excepté le disque, qui est en fonte; son poids total est de 128 kilogrammes (1). (M.)

(1) M. Belin, agriculteur, à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne), a quatre charrues de ce genre qui ont travaillé, dit-on, avec succès pendant toute la dernière saison d'hiver.

ÉCLAIRAGE.

SUR LES PRINCIPALES SOURCES D'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL, PAR M. LE DOCTEUR FRANKLAND.

(Extrait d'une lecture faite par l'auteur à l'Institut royal de Londres.)

L'auteur commence par dire quelques mots de la lumière électrique, de ses différents modes de production et de quelques applications qui ont pu en être faites d'une manière régulière. Il cite, à cet égard, l'emploi qu'on en fait depuis deux ans avec succès aux phares de South-Foreland et de Dungeness, mais il fait remarquer que jusqu'ici ce n'a été que dans des cas spéciaux qu'on a pu faire usage de ce mode d'éclairage puissant, dont le prix de revient élevé n'est pas l'un des moindres inconvénients qu'on puisse lui reprocher.

La lumière artificielle la plus susceptible d'une application générale, continue M. Frankland, est, sans contredit, celle que fournit le gaz de houille; mais, depuis dix ans et bien que la consommation s'en soit accrue dans des proportions hors de toute prévision, les procédés de fabrication sont loin d'avoir fait de grands progrès. En effet, on trouve toujours, dans le gaz dit purifié, les mêmes proportions de ces composés de soufre dont on n'a cessé de se plaindre avec juste raison. Bien des procédés ont été essayés pour s'en débarrasser complètement, et récemment encore M. Bowditch de Wakefield en a préconisé un nouveau, mais la question est de savoir si les résultats d'une expérience de laboratoire se confirmeront dans la pratique.

Le gaz d'éclairage, tel qu'il sort des épurateurs, contient invariablement une certaine quantité de bisulfure de carbone et probablement aussi quelques composés de soufre organique. On l'a fait, il est vrai, passer au milieu de la chaux ou du peroxyde de fer, mais ces substances sont sans action sur les composés de soufre qui, loin d'être absorbés, donnent lieu, pendant la combustion du gaz, à un dégagement notable d'acide sulfureux dont les inconvénients n'ont pu être jusqu'ici évités. Cependant M. Bowditch annonce que, si la chaux hydratée froide ne peut absorber ces impuretés, il n'en est pas de même lorsqu'on l'emploie à une température variant depuis le degré d'ébullition jusqu'à 4 ou 500 degrés Fahr. ($204^{\circ},24$ à $262^{\circ},08$ C.), et à cet égard il recommande comme la plus favorable la température de 400° .

Voici un jet de gaz ordinaire, dit l'auteur; il provient de la conduite de l'établissement. Si, au moyen d'un tube flexible, on le fait passer dans un cylindre contenant un morceau de carton imbibé d'une solution de sous-acétate de plomb, comme il ne renferme pas d'hydrogène sulfuré, le carton restera blanc. Au contraire, lorsqu'on dirige préalablement le courant dans un tube renfermant de la chaux éteinte chauffée à 400° Fahr., le carton ne tarde pas à noircir. En effet, l'hydrate de chaux chauffé transforme les composés de soufre en acide carbonique et en hydrogène

sulfuré qui produit un sulfure de plomb noir; ces composés nuisibles sont donc ramenés sous une forme qui permet d'en débarrasser le gaz pendant l'épuration. Plusieurs séries d'expériences ont démontré que la totalité du soufre, à deux ou trois grains près ($0^{\text{gr}},129$ à $0^{\text{gr}},194$) par 100 pieds cubes ($2^{\text{m}^3},821$) de gaz, pouvait être écartée par ce procédé, tandis que les méthodes de purification ordinaires en laissent encore de 10 à 20 grains ($0^{\text{gr}},647$ à $1^{\text{gr}},294$) pour la même quantité, proportion importante et que M. Frankland n'a jamais trouvée plus considérable dans le gaz livré à la consommation, bien que M. Bowditch la porte à plus du double.

Un autre fait digne de remarque est celui que fournit la découverte de M. Berthelot, qui a trouvé dans le gaz de houille un nouveau constituant éclairant, l'*acétylène*, qui est produit dans des circonstances particulières. Contrairement à ce qui se passe pour les autres hydrocarbures, une forte chaleur est favorable à la formation de ce nouveau corps, et à cet égard le docteur Odling a démontré dernièrement que l'hydrogène protocarboné et l'oxyde de carbone qui sont peu éclairants pouvaient, à l'aide d'une haute température, développer les caractères de l'acétylène et devenir ainsi des agents éclairants très-remarquables. Cette découverte semble devoir modifier considérablement nos idées relativement aux procédés de fabrication du gaz. Ainsi jusqu'ici on avait pensé que, pour éviter la décomposition des différents hydrocarbures, il était essentiel de maintenir la distillation de la houille à un degré modéré de chaleur; mais aujourd'hui, par suite de la découverte de la formation de l'acétylène sous une haute température, il devient nécessaire de rechercher jusqu'à quel point la production de ce nouveau corps peut être obtenue sur une large échelle et si, grâce à l'augmentation de pouvoir éclairant qu'il peut donner au gaz, il n'y aurait pas lieu, dans la fabrication de celui-ci, de se préoccuper bien plus de la quantité que de la qualité. La découverte de M. Berthelot n'est encore, il est vrai, qu'à l'état rudimentaire; mais, comme elle peut avoir une immense portée dans l'avenir de l'éclairage au gaz, il n'est pas sans intérêt d'en dire quelques mots.

Lorsqu'on fait passer un courant de gaz d'éclairage dans une solution ammoniacale de sous-chlorure de cuivre, on obtient un précipité rouge formé de composés d'acétylène et de cuivre; en y ajoutant de l'acide chlorhydrique étendu, on provoque un dégagement considérable d'un gaz qui brûle avec une flamme très-brillante. Or on peut juger, par ce jet de flamme, du pouvoir éclairant de cet hydrocarbure et se convaincre du peu qu'il en faudrait ajouter au gaz ordinaire pour augmenter sa puissance. L'acétylène et le gaz oléfiant contiennent, à volume égal, la même quantité de carbone; mais, comme dans le premier il y a moitié moins d'hydrogène, il est probable que son pouvoir éclairant est double.

Les composés d'acétylène en contact avec le cuivre donnent lieu à la formation d'un corps qui, pour le fabricant de gaz, doit être l'objet d'une attention particulière. En effet, ce corps se décompose avec explosion par la chaleur, par la friction ou par la percussion. On a reconnu qu'il peut se produire dans des tuyaux de cuivre par le passage du gaz ordinaire contenant des traces d'ammoniaque et qu'il suffit quel-

quefois d'un simple nettoyage de ces tuyaux pour provoquer une explosion, souvent considérable.

Après le gaz, dont l'emploi s'est étendu sur une si large échelle, on ne saurait passer sous silence un des produits qui tend tous les jours à lui faire une concurrence plus redoutable : nous voulons parler des huiles minérales, factices et naturelles. Parmi les premières l'une des plus importantes est l'huile de paraffine, dont la fabrication a été entreprise avec un grand succès sur une large échelle par M. Yung de Bath-Gate, près d'Edimbourg. Cet habile industriel distille des charbons bitumineux à une température relativement basse ; de cette manière il produit, au lieu de gaz, une matière huileuse ressemblant plus ou moins à du goudron de houille, et qu'il soumet ensuite à une nouvelle distillation après laquelle il la traite, pour la purifier, par l'acide sulfurique et la soude caustique. Outre les huiles propres à l'éclairage fournies par ce procédé, on obtient encore un naphte léger qui est susceptible de recevoir de nombreuses applications. Ces huiles donnent une lumière très-intense avec une dépense comparative très-faible. Les lampes dans lesquelles on les brûle doivent être en verre ou en terre cuite, c'est-à-dire en une matière peu conductrice de la chaleur, car il est essentiel qu'elles ne s'échauffent pas et que par conséquent elles ne favorisent pas l'évaporation du liquide contenu dans le réservoir, évaporation toujours dangereuse au point de vue des explosions.

A côté des huiles minérales factices viennent se placer les huiles minérales naturelles, dont l'abondance est devenue telle, dans ces derniers temps, qu'elles ont fait irruption sur les marchés de l'Europe au grand détriment des fabriques où l'on distillait la houille et les schistes bitumineux. Ces huiles, qui sont le résultat d'une distillation naturelle, existent en grande quantité aux États-Unis d'Amérique et surtout dans le Canada, qui n'en fournit pas moins de 20 millions de gallons annuellement (908,691 hectolitres). Cette énorme production, qui a pour équivalent, en pouvoir éclairant, 180 millions de livres de bougies de spermaceti (81,614,664 kilog.), peut donner une idée de l'influence que cette découverte doit exercer sur l'industrie de l'éclairage. La proportion considérable de naphte léger que ces huiles renferment avait fait d'abord penser qu'elles ne pourraient faire une concurrence sérieuse aux huiles de paraffine en raison de leur dangereuse facilité à s'enflammer ; mais aujourd'hui il est parfaitement démontré qu'on peut faire disparaître ce danger en les soumettant à une préparation convenable.

A l'égard de la bougie, M. Frankland fait remarquer qu'il n'a pas grand'chose à en dire, car depuis dix ans on n'a guère signalé, dans la fabrication, de perfectionnement assez important pour qu'il croie devoir s'y arrêter. Parmi les différents spécimens qu'il montre à son auditoire sont des bougies de paraffine et des bougies japonaises, qui offrent cette particularité que la mèche en est creuse ; cette disposition, qui détermine un double courant d'air, n'est qu'une application du système d'Argand.

L'auteur parle ensuite des séries d'expériences comparatives qu'il a entreprises sur les différentes substances les plus usitées dans l'éclairage, et il présente dans plusieurs

tableaux les résultats auxquels il est parvenu. Dans le premier de ces tableaux il montre que, pour produire une même quantité de lumière, il faut :

Huile de paraffine de Yung.	1 gallon, soit	4,53 litres.
Huile d'Amérique n° 1.	1,26.	5,70 —
. n° 2.	1,30.	5,88 —
Bougies de paraffine.	18,6 livres. . .	8,42 kilog.
. . . . de spermaceti.	22,9.	10,37 —
. . . . de cire.	26,4.	11,95 —
. . . . de stéarine.	27,6.	12,50 —
. . . . composées.	29,5.	13,36 —
. . . . suif.	36,0.	16,30 —

En obtenant les résultats ci-dessus, M. Frankland a calculé les dépenses relatives en prenant pour terme de comparaison 20 bougies de spermaceti brûlant chacune 10 heures, à raison de 120 grains par heure (7,76 grammes). Voici les chiffres qu'il a trouvés :

Cire.	7 sh. 2 d. 5.	8 f.,90
Spermaceti.	6 8 ,0	8 ,30
Paraffine.	3 10 ,0	4 ,75
Suif.	2 8 ,0	3 ,30
Huile de spermaceti. .	1 10 ,0	2 ,25
Gaz de houille ordinaire.	» 4 ,25	0 ,42
Gaz de <i>cannel-coal</i>	» 3 ,0	0 ,30
Huile de paraffine. . . .	» 6 ,0	0 ,60
Huile minérale.	» 7 ,66	0 ,76

On voit que, sous le rapport économique, ce sont les huiles minérales et de paraffine qui se rapprochent le plus du gaz; par conséquent, si, comme tout porte à le croire, les prix de ces huiles viennent à baisser, elles entreront plus largement encore dans la consommation et pourront faire une concurrence redoutable au gaz d'éclairage.

Dans le tableau suivant, M. Frankland montre, pour une quantité de lumière égale fournie par chacune de ces sources lumineuses et représentée par 20 bougies de spermaceti, quelles sont les quantités d'acide carbonique et de chaleur émises par heure :

	Acide carbonique.	Chaleur.
Suif.	0 ^m 3,28.	100
Spermaceti.	0 ,23.	82
Cire.	0 ,23.	82
Paraffine.	0 ,19.	66
Gaz de houille.	0 ,14.	47
Gaz de <i>cannel-coal</i>	0 ,11.	32
Huile de paraffine.	0 ,08.	29
Huile minérale.	0 ,08.	29

Ce tableau démontre combien les différents modes d'éclairage vicient l'air des appartements et l'avantage que présentent sous ce rapport les huiles minérales et de paraffine.

En terminant, l'auteur insiste sur la nécessité de bien étudier les principes physiques et chimiques de la combustion pour arriver à améliorer les conditions d'éclairage. Dans tous les systèmes, ajoute-t-il, excepté dans l'éclairage électrique de M. Way (1), la lumière est produite par la combustion de particules de carbone solide dont le nombre dépend de la nature de la flamme, quelle que soit la richesse en hydrocarbures des corps qui engendrent cette flamme. Or plus la pression de l'air dans laquelle la flamme brûle est élevée, plus grand est le nombre des particules qui entrent en combustion et, par conséquent aussi, plus grand est le pouvoir éclairant. Quant à la température nécessaire pour opérer la combustion d'une matière propre à l'éclairage, elle peut être augmentée en chauffant l'air d'alimentation. M. Frankland donne, à cet égard, les résultats auxquels il est parvenu avec la lampe dont il s'est servi pour ses études, lampe ordinaire d'Argand avec bec à double courant d'air surmonté de deux verres concentriques, disposés de telle sorte que l'air destiné à alimenter la combustion ne parvenait au bec qu'après avoir circulé entre les parois échauffées de ces deux verres.

	Consommation par heure.	Pouvoir éclairant en bougies de spermaceti.
Alimentation à l'air froid.	0 ^m 3,092.	13,0 bougies.
	0 ,103.	15,5 —
	1 ,117.	17,0 —
Alimentation à l'air chaud.	0 ,061.	13,0 —
	0 ,072.	15,5 —
	0 ,075.	16,7 —
	0 ,084.	19,7 —
	0 ,092.	21,7 —

L'examen de ces chiffres montre quelle est l'influence de l'air chaud sur l'intensité lumineuse; on voit qu'à égalité de lumière il y a une économie de gaz de 33 p. 100, tandis qu'à égalité de consommation de gaz la quantité de lumière augmente dans la proportion de 60 p. 100 (*the Artizan*). (M.)

CONSERVATION DES BOIS.

DES RAVAGES QUE L'INSECTE CONNU SOUS LE NOM DE LIMNORIA TEREBRANS EXERCE, DANS LES TRAVAUX A LA MER, SUR LES BOIS INJECTÉS DE CRÉOSOTE, PAR M. DAVID STEVENSON.

(Communication faite à la Société royale d'Edimbourg.)

On connaît, dit l'auteur, ce petit, mais terrible insecte, le *limnoria terebrans*, qui attaque et finit inévitablement par détruire les bois employés dans les constructions à

(1) On sait que cet éclairage est produit par l'action d'un courant voltaïque sur un filet mince de mercure circulant dans un appareil spécial. (Voir *Bulletin* de 1861, 2^e série, t. VIII, p. 186.) (R.)

la mer ; il est incontestable que tout procédé chimique ou mécanique qui parviendrait à prévenir désormais ces ravages serait une découverte d'un prix inestimable.

C'est en 1810 que les ravages du *limnoria terebrans* furent observés pour la première fois en Angleterre par M. Robert Stevenson, alors ingénieur du phare de Bell-Rock, qui en fit la remarque sur les bois de support d'un fanal employé pendant la construction de ce phare. Il envoya alors quelques-uns de ces insectes avec des échantillons du bois ravagé par eux à son ami le docteur Leach, le célèbre naturaliste du British Museum, qui en fit l'étude et leur donna leur dénomination, ainsi que le relate un article de l'*Encyclopédie d'Édimbourg* (vol. vii, p. 433).

Pendant près de trente ans, M. Robert Stevenson a fait à Bell-Rock des expériences (1) qui lui ont démontré clairement que le bois de teck, les chênes d'Afrique, d'Angleterre et d'Amérique, l'acajou, le hêtre, le frêne, l'orme et les différentes variétés de pin employés à la mer finissaient tôt ou tard par devenir la proie du *limnoria*. Il a également essayé la méthode d'injection au sublimé corrosif (deutochlorure de mercure) de M. Kyan et celle au protosulfate de fer de M. Payne. Dans le premier cas, le bois a été attaqué au bout de vingt-huit mois et a été entièrement détruit le septième mois de la cinquième année ; dans le second cas, le procédé s'est montré moins efficace encore, car, attaqué le dixième mois, le bois s'est trouvé entièrement pourri un an plus tard.

L'auteur raconte qu'il a essayé, dans plusieurs constructions maritimes, le procédé breveté d'injection à la créosote de M. Bethell, le conseil lui en ayant été donné par plusieurs ingénieurs qui en vantaient l'efficacité dans de nombreuses applications faites aux chemins de fer. Mais aujourd'hui il est convaincu que le remède n'est pas universel, et, comme les résultats qu'il fournit ne sont pas permanents, il se propose de consigner ici les faits sur lesquels son opinion est basée. Il est bien entendu, se hâte-t-il d'ajouter, qu'il ne s'agit que des applications de la créosote dans le cas de constructions à la mer placées au-dessous du niveau moyen des eaux de marée, et qu'il n'a nullement l'intention de déprécier une invention très-remarquable qui a donné d'excellents résultats dans les chemins de fer en préservant les traverses de toutes les causes ordinaires de destruction, c'est-à-dire une invention qui a fait ses preuves dans toutes les circonstances où on n'a pas eu à redouter, pour les bois, l'attaque du *limnoria terebrans*.

Ainsi, en 1859, dans une discussion qui suivit la lecture d'un mémoire présenté à l'Institution des ingénieurs civils et relatif à la voie permanente du *Madras Railway*, M. David Stevenson démontra d'une manière irrécusable que les bois créosotés employés au port Scrabster, dans le comté de Caithness, n'avaient pas résisté aux attaques du *limnoria terebrans*, malgré les assertions de M. Bethell qui soutenait que son procédé rendait le bois complètement invulnérable. De nombreuses expériences et des observations réitérées ont confirmé l'opinion de M. Stevenson et l'ont conduit à

(1) Ces expériences sont relatées dans un article sur les ports (*harbours*) publié par M. Thomas Stevenson dans l'*Encyclopédie britannique*.

poser en principe que, dans certaines situations, le bois entièrement créosoté ne tarde pas à être perforé.

Le premier exemple à citer est celui de la jetée de Leith, construite en 1850, et pour laquelle on employa des bois qu'on injecta sur place avec le plus grand soin. Du côté où coulait la rivière, le phénomène de destruction ne fut pas d'abord très-sensible, en raison de l'action constante de l'eau douce qui, en arrivant, lave les pilots qu'elle rencontre; mais, à l'ouest de la jetée, le bois s'est montré attaqué à une grande profondeur, ainsi que M. A. M. Rendel est venu le déclarer, en 1860, devant la commission des docks de Leith.

Voici un autre exemple non moins concluant que le précédent, et qui concerne deux embarcadères pour bateaux à vapeur, construits à Invergordon à l'embouchure de la rivière Cromarty. Cette situation paraissait excellente et, d'après les renseignements les mieux accrédités, on avait peu ou point d'insectes marins à redouter, en sorte qu'on résolut d'avoir recours au procédé de conservation de M. Bethell. Les bois pour pilots furent choisis avec le plus grand soin à Leith et équarris suivant les dimensions voulues, de manière à n'avoir à subir aucune retouche après l'injection de la créosote. Cette injection fut alors pratiquée par les soins d'un agent de M. Bethell même, et sous les yeux d'un contrôleur placé sous les ordres des ingénieurs préposés aux travaux. Chaque pièce de bois fut pesée avant d'être mise dans la cuve à injection, et l'opération continuée jusqu'à absorption d'environ 10 livres de liquide par chaque pied cube ($4^k,53$ par $0^{3m},028$). De temps en temps, par quelques sections pratiquées sur quelques pièces de rebut, on s'assura du degré de pénétration du liquide; en un mot, toutes les précautions possibles furent prises pour assurer le succès de l'opération, qui ne coûta pas moins de 450 livres (11,250 fr.) Les embarcadères furent alors construits en 1858; et maintenant, si l'on veut savoir comment se sont comportés les bois ainsi préparés, on n'a qu'à consulter le rapport du surveillant, qui dit que « les parties noircies ou créosotées des bois sont rongées et perforées; que les pilots n'ont pas été touchés depuis leur mise en place à la sortie de la cuve à injection, et que plusieurs d'entre eux ont déjà perdu 1,25 pouce ($0^m,030$) de leur épaisseur primitive. »

Enfin le port Scrabster, dont il a été question plus haut, fournit une troisième preuve à l'appui de l'opinion de M. Stevenson. Le bois employé était du bois de Memel (Prusse) de première qualité, qu'on avait injecté avec soin à Glasgow. Or, en coupant une des pièces attaquées par le *limnoria*, on reconnut que la pénétration de la créosote était bien complète, ce qui n'avait pas cependant empêché la destruction de la matière de commencer à peine au bout de treize mois. Ce n'est pas, d'ailleurs, le seul endroit où se soient produits des faits analogues, car M. Leslie a signalé Granton et Strauraer comme deux points où le bois créosoté était pareillement attaqué.

Voilà assez d'exemples, ajoute M. Stevenson, pour démontrer que l'insuffisance du procédé de M. Bethell n'est pas spéciale à telle ou telle localité, ou ne se borne pas à un fait isolé. Que si l'on vient dire que les bois dont il est question n'ont pas été convenablement injectés, alors il faut en conclure que, du moment où le procédé est aussi difficile et aussi incertain dans ses résultats, fût-il même exécuté dans l'usine

de l'inventeur, son application ne peut être considérée comme générale. On remarquera que tous les bois nouvellement injectés de créosote présentent le même aspect, que l'opération ait bien ou mal réussi; ce n'est donc que par l'augmentation de poids qu'on peut savoir si la saturation est complète; et, dans ce cas, si des pesées scrupuleusement faites avant et après l'injection ne peuvent être considérées comme des moyens suffisants de contrôle, on doit renoncer à l'espoir d'arriver à un résultat satisfaisant.

Heureusement pour le procédé de M. Bethell que, dans les circonstances auxquelles on vient de faire allusion, on ne jugea pas nécessaire d'examiner jusqu'à quel point s'étend la saturation lorsque l'opération a été bien faite. A Scrabster, comme à Invergordon et probablement aussi dans les autres lieux désignés, le bois avait été convenablement traité et entièrement saturé, en sorte que la véritable cause de l'échec que la méthode de M. Bethell a subi réside dans ce seul fait, que le *limnoria terebrans* attaque le bois entièrement noirci par l'injection de créosote, fait qui suffit pour réfuter cette opinion jusqu'ici généralement admise, que la nature vénéneuse du liquide devait prévenir l'attaque de l'insecte. De même que l'espèce des *pholas* qui creusent la pierre pour y chercher un abri, le *limnoria* peut perforer le bois dans le même but et se nourrir des animalcules les plus ténus qui pullulent dans les eaux de l'Océan.

Dans un remarquable mémoire publié en 1834 par le *new-philosophical Journal* d'Édimbourg, M. le docteur Coldstream établit que le *limnoria* se nourrit du bois qu'il perfore et non de substances animales; mais en serait-il ainsi, que ce ne serait pas une raison pour conclure de là que le bois créosoté ne peut être attaqué en raison de la nature toxique de la liqueur d'injection. La preuve en est dans ce fait, aujourd'hui parfaitement avéré, qu'il existe des insectes vivant de substances qui sont pour l'homme de mortels poisons, et il y a peu de temps encore (avril 1862) ce sujet était traité, dans le *british medical Journal*, par M. Attfield, qui démontrait que certains acarés se nourrissent de strychnine, de morphine et d'autres substances aussi toxiques.

En terminant sa communication, M. Stevenson présente à la Société royale des échantillons de bois créosoté attaqué par le *limnoria*, et il fait remarquer que si, dans certains cas, la créosote est une substance préservatrice, en tout cas elle ne saurait agir comme poison, puisque, dans les spécimens qu'il soumet et qui sont encore fortement injectés, on trouve l'insecte profondément enfoui dans la matière ligneuse. En résumé et après mûr examen, il estime que, dans les travaux à la mer, le bois injecté de créosote n'est préservé de l'attaque des insectes que tant qu'il conserve intact l'enduit extérieur qui recouvre sa surface. Lorsque, par suite du frottement continu des eaux, cet enduit vient à disparaître et à mettre à nu la matière fibreuse, alors, qu'il soit injecté ou non, le bois ne tarde pas à être perforé par l'insecte qui cherche à y établir sa demeure. Quant au temps pendant lequel le bois peut rester intact, il dépend de la situation dans laquelle sont placés les travaux. Partout où le mouvement des eaux de la mer est faible, l'enduit extérieur du bois a des chances de se conserver plus

longtemps; de même, partout où les bois se trouveront baignés par un courant d'eau douce, ce mélange aura pour effet d'amoindrir les ravages des insectes qui, dans quelques cas, seront pendant longtemps presque inappréciables. Mais, en thèse générale, M. Stevenson est convaincu que, sur les côtes septentrionales du pays où les travaux sont exposés à l'action de la pleine mer, le bois créosoté ne saurait, sans courir le risque d'être promptement attaqué, être employé avec sécurité dans aucune construction maritime placée au niveau ou au-dessous du niveau moyen des eaux de marée; c'est là un fait important sur lequel il appelle sérieusement l'attention des ingénieurs. (*Proceedings of the royal Society of Edinburgh.*) (M.)

PHOTOGRAPHIE.

CINQUIÈME MÉMOIRE SUR L'HÉLIOCHROMIE, PAR M. NIEPCE DE SAINT-VICTOR.

« CHAPITRE I^{er}. *De la reproduction des couleurs en héliochromie.* — Je donne aujourd'hui le résultat des observations que j'ai faites cette année, et, quoique l'été dernier n'ait pas été favorable à mes expériences dans la chambre obscure, j'ai cependant pu obtenir quelques épreuves.

« L'obtention des couleurs dans la chambre noire est celle qui démontre le mieux ce que peut donner l'héliochromie; car, il ne faut pas se faire illusion, l'héliochromie ne peut tout reproduire, mais elle peut cependant donner dès à présent beaucoup de choses; c'est pour cela que j'ai l'honneur d'en présenter des épreuves à l'Académie et de donner en même temps la manière dont je prépare mes plaques.

« La couleur jaune a toujours été, pour moi, la plus difficile à obtenir en même temps que les autres teintes; mais je viens de découvrir le moyen de développer le jaune avec certitude et d'obtenir en même temps les autres couleurs: auparavant j'obtenais bien avec facilité le rouge, le vert et le bleu, mais, lorsque le jaune se produisait, c'était accidentellement. Je suis parvenu à obtenir le jaune dans toutes mes reproductions en employant, pour chlorurer mes plaques d'argent, un bain composé d'hypochlorite de soude de préférence à celui de potasse. Ce bain doit être dans les conditions suivantes:

« On prend un hypochlorite de soude nouvellement obtenu et marquant 6° à l'aréomètre, on l'étend de moitié d'eau et on y ajoute 1/2 pour 100 de soude à l'alcool, on porte le bain à la température de 70 à 80°; alors on le verse dans une capsule plate (dite pour demi-plaque) et on plonge la plaque d'argent d'un seul coup, en agitant le liquide pendant quelques secondes, temps suffisant pour que la plaque prenne une teinte presque noire. On la rince à grande eau, puis on la sèche sur une lampe à alcool, et on lui donne le recuit nécessaire.

« Dans 200 grammes de ce bain on peut chlorurer 5 à 6 plaques dites de 1/4, parmi lesquelles il en est qui donneront de meilleurs résultats que les autres, selon l'épaisseur de la couche et le degré de recuit.

« Dans ces conditions de chloruration, les couleurs se produisent (surtout par contact) avec des teintes très-vives et les noirs souvent avec toute leur intensité.

« Pour opérer dans la chambre obscure, on choisit de préférence les plaques qui donnent par l'action du recuit une belle teinte rouge-cerise, ainsi que celles qui sont les plus tendres à recuire, parce qu'elles sont les plus sensibles à la lumière ; il faut, pour cela, que la couche de chlorure d'argent ne soit pas trop épaisse.

« Mais, pour obtenir les effets que je viens de signaler, la plaque chlorurée doit être recouverte du vernis à base de chlorure de plomb que j'ai indiqué dans mon dernier Mémoire(1) ; seulement il faut prendre une solution aqueuse de dextrine avec du chlorure de plomb non fondu, afin de neutraliser l'action du bain alcalin sur le chlorure d'argent et faire blanchir le fond de l'image, qui sans cela resterait sombre ou rosé.

« Quant au problème de la fixation des couleurs, je n'ai fait que doubler le temps de durée que j'ai annoncé dans mon dernier Mémoire. Plusieurs substances, ajoutées après l'action de la chaleur sur le chlorure de plomb, donnent une fixité plus grande que si le chlorure de plomb était seul : tels sont, entre autres, la teinture de benjoin, le chlorure d'étain et l'aldéhyde. Mais ce qui m'a donné le meilleur résultat, c'est encore la teinture de benjoin de Siam, appliquée sur la plaque lorsqu'elle est tiède, et après la dessiccation on chauffe la plaque jusqu'à ce qu'il se volatilise un peu d'azide benzoïque.

« C'est au moyen de ce vernis sur le chlorure de plomb que je suis parvenu à conserver des couleurs trois et quatre jours, dans un appartement fortement éclairé par une lumière du mois de juillet.

« Une observation que j'ai faite et que je vais signaler, c'est que, si on incline une image héliochromique sous un certain degré d'incidence, les couleurs apparaissent beaucoup plus vives et les noirs prennent toute leur intensité. J'ai remarqué également que, selon que le modèle (une poupée) est éclairé par les rayons solaires, l'obtention des couleurs dans la chambre obscure se trouve singulièrement modifiée, et produit des effets très-avantageux comme intensité de couleur et comme éclat ; par exemple, la reproduction des galons d'or et d'argent et celle des pierres fines se font beaucoup mieux.

« CHAPITRE II. *De la reproduction, par l'héliochromie, des couleurs binaires des artistes.* — Maintenant j'ai à parler d'une série d'expériences que je crois fort intéressantes au point de vue scientifique.

« J'ai constaté que toutes les couleurs binaires étaient décomposées par l'héliochromie (2).

(1) Voir *Bulletin* de 1862, 2^e série, t. IX, p. 103.

(2) S'il est vrai, comme M. Edmond Becquerel l'a avancé, qu'il a reproduit un spectre solaire complet, n'a-t-il pas constaté, par là même, que les couleurs du spectre ne sont pas décomposées par l'héliochromie, et n'est-on pas en droit d'en conclure que ces couleurs sont simples et que le spectre solaire n'est pas formé seulement, comme le veut sir David Brewster, de la superposition de trois spectres monochromatiques, rouge, jaune et bleu ?

« Ainsi, pour démontrer cet effet de la lumière sur une couleur mélangée, je commencerai par citer l'expérience la plus frappante, en prenant d'abord la couleur verte qui, comme on le sait, peut être naturelle ou composée de jaune et de bleu.

« Si le vert est naturel comme ceux de l'émeraude, de l'arsénite de cuivre, de l'oxyde de chrome, du sulfate de nickel, du carbonate de cuivre vert (malachite), l'héliochromie les reproduira en vert; mais si c'est un vert composé, par exemple celui qui est formé avec du jaune de chrome et du bleu de Prusse, ou celui des étoffes teintes en vert au moyen d'une matière colorante bleue et d'une matière colorante jaune, ou celui de certains verres verts colorés par une matière jaune et une matière bleue, ces verts, dis-je, ne donneront que du bleu en héliochromie, soit par contact, soit dans la chambre obscure.

« Je vais citer encore une expérience bien concluante : un verre bleu clair et un verre jaune clair superposés donnent, par transparence, un très-beau vert; mais, étant appliqués sur une plaque héliochromique, ils ne produisent que du bleu, quel que soit le temps d'exposition à la lumière : que le verre bleu soit dessus ou dessous, ou emprisonné entre deux verres jaunes, les résultats seront toujours les mêmes.

« Voici d'autres exemples. Un verre rouge et un verre jaune superposés, donnant de l'orangé par transparence, ne produiront que du rouge sur la plaque sensible. Un verre rouge et un verre bleu superposés, donnant du violet par transparence, produiront d'abord du violet (parce que la plaque est rouge naturellement), puis arrive le bleu; un verre orangé remplaçant le rouge produit encore plus vite le bleu. Un papier blanc, coloré en vert par des feuilles vertes ou par du vert de vessie (extrait de nerprun), ne se produit que très-lentement par contact; la plaque sensible reste rouge fort longtemps, comme s'il n'y avait aucune action de lumière, et, si on prolonge l'exposition à la lumière, il se produit une teinte bleue-grisâtre; il en est de même si l'on cherche à reproduire dans la chambre obscure un feuillage de la nature, en supposant la reproduction d'un feuillage d'un vert pré. Mais si c'est un feuillage d'un vert bleu, comme, par exemple, les feuilles d'un dahlia, la teinte bleue sera plus vive. Si le feuillage est jaune ou rouge, comme celui de certaines feuilles mortes, la couleur se produira d'un jaune ou d'un rouge plus ou moins pur, suivant l'absence plus ou moins grande de la matière bleue, qui constitue avec le jaune la couleur verte des feuilles, comme M. Frémy l'a démontré (1).

« L'œil de la plume de paon se reproduit très-bien dans la chambre obscure, c'est-à-dire tel que la couleur apparaît sous un certain degré d'incidence, tantôt verte, tantôt bleue.

« Enfin il serait bien intéressant de reproduire par l'héliochromie le vert de Chine; on verrait si c'est un vert pur ou composé. » (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences.*)

(1) Dans toutes les reproductions par la chambre noire il y a toujours une plus ou moins grande quantité de lumière blanche réfléchie, surtout dans la reproduction d'un feuillage.

NOTICES INDUSTRIELLES

EXTRAITES DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Composition des poussières provenant du nettoyage des débourrages de laine, par M. Houzeau. — « Dans l'industrie elbeuvienne, on donne le nom de *débourrages* ou *bourre de laine* à ces détritits organiques qui proviennent du lainage et du tondage des draps. Considérés comme déchets sans valeur industrielle il y a une trentaine d'années, ces débourrages sont de nos jours traités par un moyen économique, qui permet d'en retirer 20 pour 100 de laine servant dans certaines localités à la fabrication des draps communs.

« Les parties qui restent et qui représentent les 80/100 de la masse totale se divisent en deux portions égales dont l'une, formée des ordures de toute sorte, est rejetée, et dont l'autre, au contraire, tout en étant recueillie, n'a pas grande valeur, puisque, en été, elle ne peut servir que comme combustible. Dans l'intention de reconnaître si l'on n'en pourrait pas tirer un meilleur parti, je l'ai soumise à l'analyse chimique dans le laboratoire de l'école des sciences de Rouen.

« Ce produit contient sur 100 parties en poids :

Eau.	9,15
Matières grasses.	32,60
Substances organiques azotées et non azotées.	43,05
Phosphate de magnésie.	traces.
Sulfate de chaux.	0,80
Carbonate de chaux.	1,46
Chlorures alcalins.	0,08
Oxyde de fer.	2,20
Silice, sable et perte.	10,66
Azote pour 100, 3,12.	100,00

« Deux résultats principaux sont mis en évidence par cette composition : la grande richesse du produit en matière grasse et sa teneur en azote. On doit espérer, en effet, que le premier point fixera un jour l'attention des chimistes et des industriels, et que ces poussières de débourrages et les débourrages eux-mêmes, qui sont non moins riches en corps gras, pourront servir à l'extraction de l'huile qu'ils recèlent, et dont la quantité est égale et même supérieure à celle que contiennent certaines graines oléagineuses qui sont l'objet d'une exploitation considérable. Ces matières grasses pourront être converties en savons ou servir de nouveau, après une épuration convenable, à l'ensimage des laines.

« Dans l'état actuel des choses, ces déchets de débourrages, par suite de leur nature azotée, pourraient être utilisés avec avantage par l'agriculture, soit directement dans leur forme normale ou mélangés au fumier, au phosphate de chaux, au

graino Baker, soit indirectement en servant de matière première dans la fabrication des engrais industriels..... La production de ces poussières fertilisantes n'est pas d'ailleurs seulement restreinte à la fabrique elbeuvienne : Lisieux, Louviers, Sedan en fournissent également des quantités importantes. Seulement à Elbeuf l'industrie drapière produit annuellement environ 750,000 kilogrammes de débouurrages, d'où l'on retire d'une part 20 pour 100 de laine autrefois perdue et employée aujourd'hui à la fabrication des draps communs, et d'autre part 40 pour 100 de poussières de laine, représentant conséquemment un total d'engrais annuel de 300,000 kilogrammes. En admettant, d'après mon analyse, que la teneur de cet engrais en azote soit en moyenne de 3 pour 100, on voit que l'agriculture trouverait dans ces déchets une nouvelle ressource de 9,000 kilogrammes d'azote, qui de nos jours est en grande partie dissipée sous forme de fumée et de suie.

« Ces 9,000 kilogrammes d'azote représentent d'ailleurs, d'après M. Boussingault, 1,500,000 kilogrammes de fumier de ferme normal, qui peuvent produire plus de 280 hectolitres de blé.

« D'après le prix courant du kilogramme d'azote, qui est de 1^f,70, ces poussières de débouurrages, une fois rendues sur le marché comme engrais, doivent être estimées à une valeur de 15,300 francs, ce qui les remet à 5 centimes le kilogramme. Mais on conçoit que si, au lieu de les livrer telles qu'elles sont, on les débarrassait économiquement de la matière grasse qu'elles contiennent, leur richesse agricole ne serait pas amoindrie, et de plus l'industrie pourrait bénéficier d'un rendement annuel de près de 100,000 kilogrammes d'huile. » (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences.*)

Sur la chaleur spécifique du thallium, par M. Regnault. — « Voici le résultat des expériences :

I.	0,03349
II.	0,03361
Moyenne.	<u>0,03355</u>

Si l'on suppose l'équivalent

$$= 204 = 2550,$$

on trouve pour le produit par la chaleur spécifique

$$85,55,$$

dont la moitié est

$$42,77.$$

Ainsi la formule de l'oxyde de thallium est



comme celle des alcalis.

« La chaleur spécifique trouvée est un peu trop forte, parce que le thallium à 100° s'oxyde sensiblement à la surface ; il se recouvre d'une pellicule jaunâtre qui se dé-

tache dans l'eau et rend celle-ci légèrement laiteuse. La réaction de l'eau est franchement alcaline. La combinaison de l'oxyde avec l'eau doit dégager un peu de chaleur.

« Après ce décapage, le thallium présente un moiré métallique très-brillant. » (*Idem.*)

Sur la récolte de la glace en Amérique. — On sait que l'Amérique non-seulement consomme beaucoup de glace, mais en exporte des quantités considérables; or, il y a quelques mois, la question de l'approvisionnement préoccupait vivement les esprits en présence de l'hiver exceptionnellement doux de cette année, et faisait redouter l'impossibilité de satisfaire même aux besoins de la consommation locale. Qu'on juge, d'après cela, les inquiétudes des maisons qui font l'exportation ! L'une d'elles, à Boston, ne charge pas moins de 80,000 tonnes de glace par an, qu'elle expédie à des ports étrangers. Cette ville et New-York sont les deux grands marchés qui approvisionnent tout l'Occident; plusieurs compagnies y existent, et c'est à leur infatigable activité que toutes les cités, hameaux et établissements situés au sud de ces latitudes sont alimentés d'eau frappée. Tous les ans ces marchés ne reçoivent pas moins de 400,000 tonnes de glace qui proviennent de plusieurs localités, telles que Rockland-Lake, Hudson-River, etc. Sur cette énorme quantité il n'y en a guère, cependant, que la moitié dont la consommation profite; le reste se perd par fusion et dans les nombreuses manipulations qu'on lui fait subir pour la débiter en morceaux.

Rockland-Lake, situé à 200 pieds (60^m,95) au-dessus du niveau de Hudson-River, abonde en poissons, mais est renommé surtout par la beauté et la pureté de la glace qu'on y recueille. Presque toute la population de cette région est occupée à la couper; mais, cette année, c'est tout au plus si elle compte sur une demi-récolte, à moins qu'à l'époque où ces renseignements nous parviennent (mars) il n'arrive encore quelque froid tardif comme celui qui, le 21 mars 1861, ferma Hudson-River en y produisant tout à coup une masse de glaces impénétrable. (*American Paper et Practical Mechanic's Journal.*)

Sur le dosage du cuivre et sur l'essai des cyanures de potassium impurs du commerce, par M. Flajolot, ingénieur des mines. — Ce procédé est basé sur la propriété que possède le cyanure de potassium de décolorer la dissolution ammoniacale de l'oxyde de cuivre. La décoloration s'opère avec une grande netteté, et, comme il ne se forme aucun précipité dans la liqueur, il est très-facile de saisir le moment où elle est complète. Les nombreuses expériences que j'ai faites sur des quantités de cuivre pesées d'avance m'ont toujours donné des résultats d'une précision remarquable, à laquelle j'étais loin de m'attendre lors des premiers essais. En opérant sur une dissolution dont le volume ne dépasse pas 200 centimètres cubes, l'erreur que l'on commet ne dépasse pas 2 milligrammes; précision que l'on n'atteint pas même en précipitant l'oxyde de cuivre par la potasse.

Mais, pour que le procédé soit applicable, il faut qu'il n'y ait en dissolution avec le

cuivre aucun des métaux qui forment des cyanures solubles dans l'ammoniaque, notamment le zinc, le cobalt et le nickel.

Lorsqu'on a à essayer des minerais complexes comme les cuivres gris, ou ceux qui ont pour gangues de la blende et des pyrites nickélifères, il faut commencer par séparer le cuivre des autres métaux.

On y arrive très-facilement et rapidement en précipitant le cuivre à l'état de sulfure par l'hyposulfite de soude, ainsi que je l'ai indiqué dans les *Annales des mines*, 4^e série, t. III, p. 641.

Voici, au surplus, la marche que je suis dans ces sortes d'analyses. Je suppose qu'il s'agisse d'un cuivre gris mélangé de blende, de galène et même de toutes les gangues qui peuvent accompagner un minerai de cuivre.

J'attaque le minerai finement pulvérisé par un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique, dans une capsule de porcelaine recouverte d'un entonnoir renversé pour éviter les projections, et j'évapore jusqu'à expulsion complète de l'excès d'acide nitrique; j'ajoute alors de l'eau et je filtre si cela est nécessaire; puis, dans la dissolution bouillante, je verse de l'hyposulfite de soude jusqu'à ce que la teinte foncée qui se manifeste d'abord ait disparu. On est sûr que la précipitation du cuivre est complète quand le sulfure de cuivre se réunit en flocons nageant dans une liqueur laiteuse. Le sulfure qui ne renferme pas la moindre trace de fer, de zinc, de cobalt, de nickel et même de plomb, mais qui peut contenir un peu d'arsenic et d'antimoine, est recueilli sur un filtre; il se lave très-rapidement à l'eau chaude et sans s'oxyder à l'air.

Je le redissous dans l'eau régale, sans me préoccuper de l'antimoine et de l'arsenic qu'il peut contenir, car ils ne troublent nullement la réaction suivante. Je sursature la liqueur avec de l'ammoniaque, et j'y verse jusqu'à décoloration une dissolution titrée de cyanure de potassium, qui me fait connaître la quantité de cuivre contenue. La température de la solution cuivreuse ne doit pas être trop élevée, car il faut moins de cyanure à la température de l'ébullition qu'à froid; on peut aller jusqu'à 40° sans aucun inconvénient. On cesse de verser du cyanure de potassium quand la teinte bleue de la liqueur a fait place à une teinte rose à peine sensible.

J'emploie une dissolution de 15 grammes de cyanure dans 50 grammes d'eau, et j'en détermine le titre en dissolvant une quantité connue de cuivre pur, 5 décigrammes par exemple, ajoutant de l'ammoniaque et opérant comme il vient d'être dit.

La dissolution de cyanure de potassium s'altérant rapidement, on doit la titrer chaque fois qu'on fait des essais.

La décoloration de l'ammoniure de cuivre est complète quand il y a deux équivalents de cyanure de potassium pour un de cuivre, ce qui correspond à 4^{gr},12 de cyanure pour un gramme de cuivre.

Si donc on dissout d'une part 4^{gr},12 de cyanure de potassium à essayer dans une petite quantité d'eau, et que l'on fasse, d'autre part, une dissolution d'ammoniure de cuivre contenant 1 gramme de métal et occupant 100 divisions d'une burette graduée, puis qu'on verse de la seconde solution dans la première jusqu'à ce que celle-ci com-

menge à se colorer en bleu, il est clair que le nombre des divisions employées pour obtenir ce résultat indiquera en centièmes la richesse du cyanure essayé, car les sels dont il est mélangé n'ont aucune influence décolorante sur l'ammoniaque de cuivre.

Mais l'opération est plus facile, la réaction a plus de netteté en opérant inversement. On dissoudra, par exemple, 1 gramme de cuivre dans un peu d'acide nitrique, et l'on ajoutera un excès d'ammoniaque. On dissoudra, d'autre part, 8^{gr},24 de cyanure à essayer, de manière à avoir un volume de 200 centimètres cubes, puis on versera de cette liqueur jusqu'à décoloration de la première. Il est clair que, s'il en faut n centimètres cubes, la richesse du cyanure soumis à l'essai est $\frac{100}{n}$.

Aujourd'hui que l'on fabrique sur une grande échelle des cyanures de potassium pour l'industrie, un procédé d'essai aussi simple et aussi facile que celui que je propose peut avoir son utilité.

Pour être complet, il me reste à dire comment on peut obtenir sans aucune peine du cuivre chimiquement pur pour ces essais.

On fait une dissolution de sulfate de cuivre cristallisé, tel que le fournit le commerce, on l'acidifie fortement par de l'acide sulfurique, et l'on en précipite le cuivre par la pile sur une plaque de métal. Je me suis assuré bien des fois de la pureté du cuivre ainsi obtenu.

La pile la plus commode à employer est aussi la plus simple. Elle peut se composer d'un cylindre poreux contenant une lame roulée de zinc amalgamé et de l'eau faiblement acidulée par de l'acide sulfurique, que l'on plonge dans la solution de sulfate de cuivre. A l'extrémité d'un fil conducteur accroché au zinc, on suspend une plaque de cuivre que l'on fait plonger dans le bain et sur laquelle on obtient, sans avoir à s'en occuper, un dépôt de cuivre malléable. (*Annales des mines.*)

De l'état actuel du drainage en France. — Dans sa troisième et récente édition des *Instructions pratiques sur le drainage* (1), M. Hervé Mangon fait connaître que l'étendue des terres drainées en France, au 1^{er} janvier 1862, dépasse de beaucoup 104,000 hectares, chiffre indiqué par les dernières recherches faites à ce sujet. Il a été consacré déjà près de 30 millions de francs aux travaux de cette espèce. La plus-value foncière réalisée est évaluée à un peu plus du triple des sommes dépensées et l'accroissement annuel de produit à 30 pour 100, en moyenne, des capitaux consacrés à ces entreprises.

Les travaux s'étendent rapidement; la surface drainée, en 1861 seulement, forme près du quart de la surface totale assainie dans les dix années précédentes.

Les ingénieurs du service hydraulique ont pris une large part aux travaux de drainage. Plus de 4,000 propriétaires ont eu recours à leurs lumières et à leur zèle désintéressé; plus de 21,000 hectares ont été drainés ainsi sous leur direction.

(1) Dunod, éditeur, quai des Augustins.

Les lois sur le drainage peuvent offrir, aux propriétaires qui veulent en profiter, de grands avantages. La tâche est loin assurément d'être accomplie; la surface drainée est encore bien petite à côté des 6 millions d'hectares environ qui restent à assainir. Mais les résultats obtenus sont immenses, si l'on tient compte du peu de temps écoulé depuis l'introduction du drainage en France, des hésitations, des difficultés sans nombre, inséparables des premiers essais. Jamais procédé nouveau ne s'est propagé aussi vite en agriculture; jamais le mouvement ne s'est développé et accéléré d'une manière plus rapide et plus régulière.

Sur des explosions de gaz d'éclairage produites par la rupture de tuyaux de conduite en cuivre, par M. le docteur T. L. Phipson.—Suivant M. le docteur Phipson, on a constaté que, lorsque des tuyaux en cuivre ou en bronze sont restés longtemps soumis à l'action du gaz ordinaire d'éclairage auquel ils servent de conduites, il se forme dans leur intérieur un composé de cuivre et d'acétylène qui, à l'état sec, détone avec une grande violence par le frottement, le choc ou la chaleur. Ce phénomène a déjà donné lieu à quelques accidents, et plusieurs ouvriers ont été tués par explosion en nettoyant plusieurs grands tuyaux de cette espèce.

L'emploi du plomb ou du fer pour les tuyaux de conduite ne donnant lieu à la formation d'aucun corps détonant, il est évident, surtout pour les grands diamètres, que le cuivre devrait être proscrit en raison des dangers auxquels il expose à chaque instant. En tout cas, pour les petits diamètres qui sont moins dangereux, il serait bon, lorsqu'on doit les nettoyer, d'y introduire, pendant dix minutes environ, de l'acide chlorhydrique avant toute opération de chauffage ou de friction; on laverait ensuite à l'eau chaude. L'acide chlorhydrique détruit le composé détonant en se combinant avec le cuivre et met, par conséquent, l'acétylène en liberté. (*Journal of the Franklin Institute.*)

Sur la désagrégation du graphite, par M. Brodie. — La désagrégation par voie chimique du graphite, opérée par M. Brodie, est une opération intéressante en ce qu'elle offre un moyen facile d'obtenir de la plombagine chimiquement pure, qui peut être ensuite amenée par pression à l'état solide et servir à des usages pour lesquels on n'a jusqu'ici employé que les qualités les plus fines et, par conséquent, les plus chères de ce minéral. Voici à peu près comment on opère : on prend de la plombagine impure, on y ajoute du chlorate de potasse et on traite le tout par un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique, qui produit un dégagement de composés de chlore gazeux et dissout une partie des impuretés. La plombagine ainsi épurée est lavée et chauffée; dans cet état, sa désagrégation est telle, qu'elle est transformée en légers flocons que le moindre courant d'air peut emporter; il ne reste plus alors qu'à la comprimer pour lui donner de la consistance. (*Ibid.*)

Des huiles essentielles nouvelles envoyées à l'Exposition universelle de 1862 par la colonie de Victoria. — Deux chimistes de Melbourne avaient

envoyé à l'Exposition de 1862 plusieurs échantillons d'huiles essentielles nouvelles préparées par leurs soins et d'après les conseils de M. le docteur Mueller, directeur du jardin botanique de cette ville.

Ces huiles provenaient principalement des feuilles d'*Eucalyptus*, arbres de la famille des Myrtinées, très-nombreux en Australie et d'une variété de plantes indigènes dont quelques-unes appartiennent au genre Menthe. Bien qu'elles fussent toutes présentées comme des dissolvants de résine pour la fabrication du vernis, quelques-unes d'elles avaient cependant une odeur assez agréable pour permettre de croire qu'il serait possible de les utiliser dans la parfumerie. Si cette application était réalisable, elle serait essentiellement avantageuse en raison de la facile production et du bas prix de ces huiles; pour quelques-unes, en effet, cette production peut être pour ainsi dire illimitée, et quant à leur prix actuel il est de 6 shillings par gallon (soit 1',65 le litre), ce qui représente à peu près le quart de la valeur de l'huile essentielle la plus commune employée pour parfumer le savon.

Parmi les nombreux échantillons exposés, les plus odorants provenaient de l'*Eucalyptus amygdalina* (Menthe poivrée de Tasmanie), de l'*Eucalyptus odorata*, de l'*Eucalyptus globulus*, de l'*Atherosperma moschatum*, etc. Celui de l'*Eucalyptus amygdalina*, qui possède une odeur tenant à la fois de celles de la muscade et de la menthe, a donné dans un essai de parfumerie les résultats suivants :

3 onces (85 grammes) de cette huile ont suffi à parfumer très-fortement 8 livres (3^k,62) de savon, au prix de 1 farthing par livre (0',053 par kilog.). Ce résultat, qui est certainement avantageux sous le rapport du prix de revient, ne l'était pas assez sous celui de l'odeur, qui était peut-être trop spéciale pour être trouvée agréable, en sorte qu'on a fait un autre essai en mélangeant l'huile nouvelle avec une certaine quantité d'essences de casse, de girofle et de lavande; cet essai a donné d'excellents résultats. Il y a donc lieu de penser que l'industrie de la parfumerie pourrait exploiter avec avantage ces nouveaux produits, et surtout celui de l'*Eucalyptus amygdalina*, qui peut être fourni très-abondamment, puisque 100 livres de feuilles (45^k,30) donnent 3 livres d'huile (1^k,35), soit environ 33 pour 100. (*The Technologist.*)

Procédé de purification de la paraffine, des huiles de goudron et autres hydrocarbures liquides, etc., par MM. John Yates et William Tindall. — Dans le cas où les huiles à traiter contiennent de la paraffine, on prend 4 onces (113^{gr},32) d'acide sulfurique du commerce pour chaque gallon d'huile, (4^{lit},54), soit 24^{gr},90 d'acide par litre d'huile; on verse simplement l'acide dans l'huile et, après avoir laissé reposer dix minutes environ, on chauffe pendant un quart d'heure de manière à porter la température à 115 degrés Fahr. (46°,48 C.) On remue ensuite avec soin et, si le mélange se refroidit trop, on le remet de nouveau au feu en ayant soin de le maintenir au même degré. A la fin de cette première opération, les vapeurs âcres doivent cesser de se dégager; mais, si l'émission persiste, on continue à agiter et on ajoute, s'il le faut, un peu plus d'acide. Cela fait, on verse encore par chaque gallon d'huile 1,50 once (42^{gr},50) d'acide nitrique ou nitreux, et on maintient la tempé-

rature à 105 degrés Fahr. (40°,88 C.) pendant une heure environ, en agitant continuellement le mélange. A ce moment on ajoute une pinte et demie d'urine (0^{lit},85), tout en continuant à remuer et à maintenir la même température pendant une demi-heure, au bout de laquelle on introduit 1,50 once d'acide chlorhydrique du commerce. On laisse sur le feu et on remue encore pendant une heure; après quoi, pour blanchir l'huile, on y met, par gallon, soit 2 onces (56^{gr},66) de chlorure de chaux, soit 1 livre (0^k,453) d'argile ou de terre à foulon. Il ne reste plus alors qu'à procéder à la distillation.

Lorsqu'on doit distiller de suite, on procède suivant la méthode ordinaire et au moyen des appareils employés pour traiter les hydrocarbures. Au contraire, lorsque l'huile doit être expédiée avant sa distillation, on lui fait subir un lavage à l'eau et, pour cela, on prend de préférence de l'eau de mer; dans cet état elle peut déjà servir à quelques usages.

Quand les huiles ou hydrocarbures à purifier ne contiennent pas de paraffine, on doit augmenter la quantité de chlorure de chaux employée dans l'opération et la porter à 4 onces (113^{gr},32) par gallon; on doit également, et dans la même proportion, ajouter 4 onces de noir animal en remuant avec soin, et c'est seulement après avoir laissé les matières en contact pendant une demi-heure qu'on ajoute, comme ci-dessus, la quantité voulue d'acide nitrique ou nitreux. (*Newton's London Journal.*)

Perfectionnements dans le traitement des plantes marines et dans leur application à la fabrication d'une matière composée assez dure pour remplacer l'ébène ou l'ivoire, par M. Goulston Ghislain.—Le procédé de l'auteur consiste à recueillir des plantes marines de la famille des algues et à les tremper dans l'acide sulfurique dilué pendant environ trois heures. On les fait ensuite bien sécher, et, lorsqu'elles sont devenues dures, on les broie pour les réduire en une poudre presque impalpable, à laquelle on ajoute une pâte liquide composée de la manière suivante :

On prend 10 pour 100 de colle forte dissoute dans l'eau, 5 pour 100 de gutta-percha et 2,5 pour 100 de caoutchouc dissous dans l'huile de naphte; on mélange le tout et, après y avoir ajouté 10 pour 100 de goudron de houille, on fait bouillir. On met ensuite au mortier 60 pour 100 de la poudre impalpable d'algues, 5 p. 100 de soufre, autant de résine et 2,5 pour 100 d'alun; après les avoir broyées intimement, on ajoute ces matières au premier mélange et on fait cuire de nouveau dans un four convenable, en ayant soin que la température ne dépasse pas 300 degrés Fahr. (150°,08 C.). On obtient de cette manière une matière plastique qui peut se mouler aussi facilement que la gutta-percha et recevoir, grâce à la dureté qu'elle acquiert, de nombreuses applications.

On peut simplifier l'opération pour la rendre moins chère, et dans ce cas on obtient un produit qui peut remplacer l'ébène et recevoir, comme lui, un très-beau poli. A cet effet, on fait cuire, à la même température que ci-dessus, un mélange composé simplement de 70 pour 100 de poudre d'algues, 15 pour 100 de colle et autant de goudron.

Quelle que soit la matière composée qu'on prépare, on peut lui donner l'apparence de l'ivoire en la faisant chauffer dans une solution aqueuse de chaux caustique, puis en la laissant tremper pendant plusieurs heures ou même plusieurs jours dans de l'acide sulfurique étendu; après quoi, on la soumet à l'action du chlore gazeux ou du chlorure de chaux en répétant l'opération jusqu'à parfait blanchiment.

On peut recouvrir la matière d'une surface métallique, en employant l'un des procédés galvaniques en usage; mais, comme elle est un mauvais conducteur de l'électricité, on est obligé d'y passer préalablement un enduit de plombagine. (*Ibid.*)

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION.

PROCÈS-VERBAUX.

Séance du 8 avril 1863.

M. Dumas, Président, occupe le fauteuil.

CORRESPONDANCE. — **M. Tréfouel**, avocat à la cour impériale de Paris, fait hommage des *Annales forestières et métallurgiques*, organe spécial de la Société forestière dont il est directeur et rédacteur en chef.

M. Fahlman (P. J.), ancien consul de France en Suède, appelle l'attention de la Société sur les procédés brevetés employés par **M. Hjerpe**, de Stockholm, pour la fabrication des allumettes chimiques. Ces procédés consistent dans un mélange de matières pour la préparation d'allumettes et de plaques de friction sans l'emploi de phosphore ni d'aucune substance vénéneuse. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

M. Partington, rue Neuve-des-Petits-Champs, 95, sollicite l'examen de deux machines américaines à travailler le bois, inventées par **M. Redstone**, et pour lesquelles des brevets ont été pris en France; ces machines fonctionnent à la Villette dans l'usine de **M. Trémois**, quai de la Marne, 34. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. Lipman (Amédée), à Paris, rue du Faubourg-Saint-Denis, 50, présente un tableau dit *totalisateur*, qui, au moyen d'une simple combinaison de chiffres, totalise, pour chaque journée, le nombre de jours à courir pour les échéances. (Renvoi au comité de commerce.)

M. Maurice Block, membre du Conseil, fait hommage d'une brochure intitulée : *Impôts*. (Extrait de l'*Encyclopédie pratique de l'agriculteur*, t. VIII.)

M. Mosselmann, manufacturier, membre de la Société, fait hommage de la deuxième année de son *Almanach sur la chaux animalisée*, 1 vol. in-8.

M. Roret, libraire-éditeur, membre de la Société, dépose trois nouveaux manuels de sa collection : 1° *Manuel du confiseur et du chocolatier*; 2° *Manuel du limonadier, glacier*; 3° *Manuel de la fabrication des eaux et boissons gazeuses*.

COMMUNICATIONS. — **M. Dumas** donne communication de la lettre suivante de

M. Sacc, chimiste, dont la Société a déjà récompensé les travaux, et qui dirige, à Barcelone, une manufacture de calicots :

« A la suite de mon étude sur la garance, dit M. Sacc, j'ai cherché à établir que le
« mordant rouge des teinturiers n'est pas de l'acétate aluminique, mais bien du sul-
« fate aluminique tribasique dissous dans l'acide acétique. Or, tant que je laissais de
« l'acide acétique en présence du sulfate aluminique basique, on pouvait objecter que
« le mordant était formé de sulfate neutre et d'acétate aluminique. Quoique cette
« manière de voir soit peu soutenable vis-à-vis des expériences que j'ai faites avec l'a-
« lun basique, j'ai cherché et je viens de trouver la preuve directe de la rectitude de
« ma théorie. En effet, j'ai réussi à mordancer, avec du sulfate aluminique, les pièces
« dont je vous envoie inclus un échantillon. »

M. Sacc décrit son mode d'opérer et l'expérience à laquelle il s'est livré, et il ajoute :
« Cette expérience est non-seulement intéressante, parce qu'elle prouve que le sul-
« fate aluminique est bien réellement le mordant rouge des teinturiers, mais surtout
« parce qu'elle donne la possibilité de fixer les mordants sur l'étoffe, au sortir de la
« machine à imprimer, sans passer par la longue, coûteuse et chanceuse opération
« du séjour à l'étendage chaud et humide, généralement employé partout jusqu'à ce
« jour. » (Renvoi au comité des arts chimiques.)

M. le Président entretient ensuite la Société de l'état de la fabrication de l'aluminium et de ses alliages. Il rappelle que, pour donner plus de développement à cette fabrication et pour arriver à en abaisser encore le prix, elle a été transportée à Salindres, près d'Alais, dans l'usine de MM. Merle et comp.

On connaît toutes les qualités de l'aluminium; sa densité n'est que le quart de celle de l'argent; sa résistance à l'air, à l'eau et aux acides l'a fait employer en bijouterie, en orfèvrerie, dans la fabrication des instruments de précision; la facilité avec laquelle il se moule et se laisse ciseler lui a valu une foule d'autres applications. Mais, ajoute M. Dumas, l'un des rôles les plus importants que l'aluminium semble appelé à jouer, c'est celui que lui assigne son emploi comme alliage. Sous le nom de bronze d'aluminium, on commence à employer avec succès dans l'industrie différents alliages d'aluminium et de cuivre, dans lesquels la proportion du premier métal varie de 1 à 10 pour 100. Ces alliages se moulent avec une grande perfection, sont malléables à chaud et à froid, possèdent une grande ténacité et sont pour ainsi dire inaltérables.

Enfin le prix de l'aluminium tend à baisser tous les jours, grâce aux perfectionnements qu'on apporte sans cesse à sa fabrication; nul doute que, dans peu de temps, il ne prenne une large place dans l'industrie et l'économie domestique.

M. Hervé Mangon, membre du Conseil, décrit sommairement les perfectionnements que M. le marquis de Ponsin a récemment apportés à la charrue à vapeur du système Howard, perfectionnements qui ont pour but de remédier à l'usure du câble de traction et d'économiser la main-d'œuvre nécessaire au maniement de ce câble.

Le *Bulletin* devant prochainement publier le rapport que M. Hervé Mangon a fait, comme membre du jury international, sur les charrues à vapeur de l'Exposition uni-

verselle de 1862, on y trouvera la description des perfectionnements imaginés par M. le marquis de Ponsin.

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — 1° M. *Levy (Louis)*, banquier, à Oran (Algérie);

2° M. *Rouvière*, gentilhomme de la chambre de S. M. Catholique la reine d'Espagne.

PRIX D'ARGENTEUIL. — M. le Président rappelle au Conseil que le prix sexennal fondé par feu M. le marquis d'Argenteuil doit être décerné dans la première séance générale; en conséquence, il invite les divers comités à se réunir pour présenter les titres de leurs candidats.

Séance du 22 avril 1863.

M. le baron *A. Séguier*, vice-Président, occupe le fauteuil.

CORRESPONDANCE.—M. *Eugène Parant*, membre de la Société, rue d'Hauteville, 12, inventeur d'un perfectionnement dans l'industrie des tissus, perfectionnement ayant pour but de faciliter la fabrication des satins dégradés, demande à la Société de vouloir bien examiner ses procédés. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. *Rarchaert (Lucien)*, rue Neuve-Saint-Eustache, 40, appelle l'attention de la Société sur son système de locomotive articulée pour chemins de fer à fortes rampes et à courbes de petit rayon, avec nouveau mode d'accouplement des essieux non parallèles. M. Rarchaert indique que son système vient d'être l'objet d'un avis favorable rendu par une commission nommée par M. le Ministre des travaux publics. (Renvoi au même comité.)

M. *Gignoux*, capitaine retraité, adresse un mémoire avec plan d'un appareil à dents mobiles pouvant s'adapter aux locomotives pour leur faire gravir de fortes rampes. (Renvoi au même comité.)

M. *de Waroquier*, batteur d'or, rue des Gravilliers, 77, par l'intermédiaire de M. Armengaud jeune, soumet à l'appréciation du Conseil un modèle de robinet à simple ou double clapet extensible, à levier libre ou à bascule pour les eaux courantes ou forcées. Ce robinet est combiné pour éviter les coups de bélier; son organe essentiel est un clapet simple ou double à diaphragme extensible; il fonctionne sans déplacement, sans rodage ni graissage et sans craindre l'interposition d'un corps étranger. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M^{me} veuve *Maréchal*, à Poitiers, communique les procédés que son mari, sous-ingénieur au chemin de fer d'Orléans, membre de la Société, avait imaginés pour durcir les bois et les rendre hydrofuges; ces procédés ont été essayés avec succès dans leurs applications aux coins et traverses des chemins de fer. (Renvoi aux comités des arts chimiques et des arts mécaniques.)

M^{me} la comtesse *Clémence de Corneillan*, boulevard Beauséjour, à Passy-Paris, exprime le désir que la Société prenne connaissance de ses procédés de dévidage, les uns relatifs aux cocons à orifice de l'ailante, et les autres aux cocons du mûrier percés par la sortie du papillon. (Renvoi aux comités des arts mécaniques et des arts économiques.)

M^{me} de Beaufort, à Vienne (Autriche), Backerstrass, annonce la découverte qu'elle a faite d'un moyen facile de dévider la soie des cocons du *bombyx cynthia*. (Renvoi aux mêmes comités.)

M. Fr. Ducuing, rédacteur en chef du *Conseiller*, gazette des chemins de fer, rue Bergère, 26, présente un échantillon de pierre colorée et durcie, dont la base est le sulfate de chaux. Ce produit a été obtenu avec de la pierre à plâtre naturelle, soumise d'abord à une chaleur suffisante pour en chasser l'eau de cristallisation et trempée ensuite dans une solution de sels métalliques. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

MM. L. Bombes-Devilliers et Dalemagne, rue de Seine, 43, annoncent qu'un fabricant de Paris vient d'entreprendre la confection de leur système d'allumettes chimiques dites *androgynes* qu'ils ont présentées à la Société en 1858, et qui offrent, sur les allumettes chimiques ordinaires, des avantages au point de vue de la salubrité et de la sécurité.

Ils envoient en même temps plusieurs exemplaires du mémoire qu'ils viennent d'adresser à M. le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, en faisant observer : 1° que, dès 1859, ils ont fait abandon au domaine public de leurs allumettes androgynes ; 2° que, par décision judiciaire, ils ont fait reconnaître, comme appartenant au domaine public, non-seulement la fabrication des allumettes chimiques dites hygiéniques et de sûreté, mais encore celle du phosphore amorphe. (Renvoi au même comité.)

M. Thierry, ingénieur-constructeur, à Paris, rue de la Pompe, 11, envoie le n° 14 (7 avril 1863) du journal *le Droit commercial et étranger*, contenant le jugement rendu par le tribunal de première instance de la Seine, qui reconnaît la validité de ses brevets relatifs à son système de foyer fumivore. (Renvoi à la commission chargée de faire le rapport.)

S. Exc. M. le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics adresse à la Société un ouvrage in-fol. ayant pour titre : *Gouvernement général de l'Algérie ; tableau de la situation des établissements français dans l'Algérie, 1859-1861*.

M. Lefour, inspecteur général de l'agriculture, membre de la Société, fait hommage de différents ouvrages dont il est auteur.

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du comité des arts économiques et pour M. Trélat empêché, M. Henri Peligot lit un rapport sur les appels à joints et les régulateurs de tabliers de cheminées d'appartements présentés par M. Filleul. (Insertion au *Bulletin* avec dessin.)

Au nom du même comité, M. Henri Peligot donne lecture d'un rapport sur les appareils de chauffage de MM. Mousseron et comp. (Insertion au *Bulletin* avec dessin.)

COMMUNICATIONS. — M. Baude, membre du comité des arts mécaniques, entretient le Conseil de l'état d'avancement des travaux de percement du mont Cenis qu'il a précédemment décrits (1). Au sujet de l'appareil perforateur de M. Sommelier, il in-

(1) Voir *Bulletin* de février 1863, p. 98.

dique et décrit l'outil percuteur imaginé, il y a douze ans, par M. *Cavé*, membre du Conseil (brevet du 15 octobre 1851). En comparant le système de M. *Sommelier* avec celui de M. *Cavé*, M. *Baude* montre que ce dernier avait déjà résolu une grande partie du problème et tracé la voie aux inventeurs futurs. (La communication de M. *Baude* paraîtra au *Bulletin*.)

M. *Henri Robert*, horloger de la marine, rue de Chabanais, 2, présente et explique un instrument propre à mesurer la hauteur du soleil, pour en conclure l'heure avec un degré de précision de quelques secondes. Cet instrument, qui est destiné à remplacer le sextant dont le maniement demande toujours une main expérimentée, est le complément de la carte horaire présentée l'année dernière par M. *Robert* et sur laquelle il a été fait un rapport (1).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

La Société d'encouragement a reçu, dans les séances des 11 et 25 mars, 8 et 22 avril 1863, les ouvrages dont les titres suivent :

Ouvrages offerts à la Société.

ANNALES télégraphiques. Janvier, février, mars, avril 1863.

ANNUAIRE de la Société météorologique de France. Tableaux météorologiques. Feuilles 1 à 8, t. VIII.

ANNALES de l'agriculture française. Nos 3 à 6.

ANNALES des conducteurs des ponts et chaussées. Janvier, février 1863.

ANNALES de la Société d'horticulture de la Haute-Garonne. Décembre 1862.

Annuaire des engrais et des amendements, par M. *ROHART*. Livr. 13 et 14.

ANNUAIRE de la Société impériale zoologique d'acclimatation et du jardin d'acclimatation du bois de Boulogne. 1^{re} année, 1863. 1 vol. in-32. Victor Masson, libr.-édit.

ANNALES forestières et métallurgiques. Année 1862, et janvier, février, mars 1863.

ALMANACH du chaulage et de l'engrais humain naturel dit chaux animalisée. 2^e année. Broch. Hachette et comp., libr.-édit.

ANNALES du commerce extérieur. Février 1863.

BULLETIN de la Société chimique de Paris. Nos 2, 3.

BULLETIN de la Société française de photographie. Février, mars 1863.

BULLETIN du musée de l'industrie belge. Décembre 1862 et janvier 1863.

BULLETIN de l'industrie. Nos 15, 16.

BULLETIN du comice agricole de l'arrondissement de Montluçon. Janvier 1863.

BULLETIN de la Société industrielle d'Amiens. N° 2.

BULLETIN de la Société de l'industrie minérale. 1^{re} livr., t. VIII.

BULLETIN de la Société industrielle de Mulhouse. Février 1863.

BULLETIN mensuel de la Société protectrice des animaux. Février, mars 1863.

(1) Voir *Bulletin* de 1862, 2^e série, t. IX, p. 385.

- BULLETIN des séances de la Société impériale et centrale d'agriculture. N^{os} 4, 5.
 BULLETIN de la Société philomathique de Bordeaux. N^o 2, 2^e semestre.
 BULLETIN de la Société d'agriculture du département du Cher. T. XII.
 COSMOS, revue encyclopédique. Livr. 9 à 16, 1863.
 Culture (la). Écho des comices, par M. SANSON. N^{os} 17 à 20.
 CULTIVATEUR de la Champagne (le). Janvier, février, mars 1863.
 CATALOGUE des brevets d'invention. N^o 9.
 Génie industriel (le), par MM. ARMENGAUD frères. Mars, avril 1863.
 Invention (l'), par M. DESNOS-GARDISSAL. Mars, avril 1863.
 JOURNAL des fabricants de papier. N^{os} 5 à 8.
 Journal d'agriculture pratique, par M. BARRAL. N^{os} 5 à 8.
 JOURNAL d'éducation populaire. N^o 12 et n^{os} 1 à 3 du t. XI.
 JOURNAL de l'éclairage au gaz. N^{os} 23, 24 et n^{os} 1, 2 de la 12^e année.
 JOURNAL des fabricants de sucre. N^{os} 46 à 52 et n^{os} 1, 2 de la 4^e année.
 JOURNAL des inventeurs. Mars, avril 1863.
 JOURNAL de la Société impériale et centrale d'horticulture. Février, mars 1863.
 JOURNAL d'agriculture de la Côte-d'Or. N^{os} 1, 2.
 LUMIÈRE (la). N^{os} 4 à 7.
 MÉMOIRES et compte rendu des travaux de la Société des ingénieurs civils. Juillet, août, septembre 1862.
 Mondes (les), par M. l'abbé MOIGNO. Livr. 3 à 10.
 Moniteur scientifique (le), par M. le docteur QUESNEVILLE. Livr. 149 à 152.
 Presse scientifique des deux mondes (la), sous la direction de M. BARRAL. N^{os} 5 à 8, 1863.
 PROPRIÉTÉ industrielle (la). N^{os} 270 à 277.
 Répertoire de chimie appliquée, par M. BARRESWIL. Février, mars 1863.
 Revue universelle des mines, de la métallurgie....., dirigée par M. CH. DE CUYPER. Novembre et décembre 1862, et janvier, février 1863.
 Revue générale de l'architecture et des travaux publics, par M. CÉSAR DALY. N^{os} 11, 12.
 Revue de sériciculture comparée, par M. GUÉRIN-MÉNEVILLE. N^o 1.
 SOCIÉTÉ des ingénieurs civils. Séances des 20 février et 6 mars 1863.
 Technologiste (le), par MM. MALEPEYRE et VASSEROT. Mars et avril 1863.
 JOURNAL of the Society of arts. N^{os} 536 à 543.
 JOURNAL of the Franklin Institute. Mars 1863.
 NEWTON's London Journal. Mars, avril 1863.
 PROCEEDINGS of the royal Society. N^o 53.
 Polytechnisches Journal, von MAX. DINGLER. N^{os} 963 à 966.
 PHOTOGRAPHIC Journal (the). N^{os} 131, 132.
 REVISTA de obras publicas. N^{os} 4 à 7, año XI.
 ZEITSCHRIFT des Oesterreichischen Ingenieur-Vereines. Septembre, octobre 1862.
 Animaux domestiques. Zootechnie générale, par M. LEFOUR. 1 vol. in-12. Librairie agricole.
 BREVETS d'invention. T. 43.
 Cours de mathématiques à l'usage des candidats à l'École centrale des arts et manufactures (géométrie analytique plane et dans l'espace, éléments de géométrie descriptive avec atlas), par M. CH. DE COMBEROUSSE. T. III, in-8. Mallet-Bachelier, libr.-impr.
 Culture générale et instruments aratoires, par M. LEFOUR. 1 vol. in-12.
 Cheval (le), l'âne et le mulet, par le même. 1 vol. in-12.
 Comptabilité et géométrie agricoles, » »
 Constructions et mécanique agricole, » »
 Description des espèces bovine et porcine de la France, par MM. les inspecteurs généraux de l'agriculture; publiée par ordre de S. Exc. M. le Ministre de l'agriculture, du commerce et des

- travaux publics. T. 1^{er}, espèce bovine, 1^{re} livr. Race flamande, par LÉFOUR. 1 vol. in-4. Impr. impér.
- Droit des inventeurs, réponse à M. MICHEL CHEVALIER, par M. ÉMILE BARRAULT. 1^{re}, 2^e, 3^e et 4^e parties. Br.
- Examen des matières colorantes artificielles dérivées du goudron de houille, par M. E. KOPP. (Extrait du Moniteur scientifique du docteur Quesneville.) Br.
- Expériences sur l'emploi des eaux dans les irrigations sous différents climats, par M. HERVÉ MANGON. 1 vol. in-8. Dunod, édit.
- Giudizii ed esperienze sulla pila a sabbien Daniell Minotto. Br.
- Istruzioni pratiche per la montatura e per l'uso delle pile Daniell modificate. Br. Torino, tipographia Deroni e Dusso.
- Impôts, par M. BLOCK. (Extrait de l'Encyclopédie pratique de l'agriculteur.) Br.
- Manuel du confiseur, par MM. CARBELLI et LIONNET CLEMANDOT. 1 vol. in-32. Roret, libr.-édit.
- Manuel du fabricant des boissons gazeuses, par M. ROUGET DE LISLE. 1 vol. in-32. (Encyclopédie Roret.)
- Manuel du limonadier, glacier, cafetier, par MM. CHANTARD et JULIA DE FONTENELLE. 1 vol. in-12.
- Mémoire sur la fabrication des acides gras, par M. BELHOMMET fils. Br. Imprimerie de Desmoulins, à Landerneau.
- Mémoire explicatif du cadran musical transpositeur de M. L. HENRY. Br. Lille, 1862.
- PROGRAMME des prix proposés par la Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille, qui seront décernés en 1863 et 1864. Br.
- Plus de crise financière, suppression des obligations de chemin de fer français, par M. L. MARIE. Br. Paris, Ledoyen, libr.-édit.
- Rapport sur l'Exposition universelle de Londres en 1862, par MM. SABATTIER et DE FREMINVILLE, ingénieurs de la marine. Texte et planches. 2 cah. in-4 autographiés.
- Réfutation de divers articles de M. le docteur JULES GUYOT contre le système de M. DANIEL HOUBREKX sur la culture de la vigne, par M. CARRIÈRE. Librairie agricole de la Maison rustique. Br.
- Sol et engrais précédés de notions de chimie et météorologie agricoles, par M. DUFOUR. 1 vol. in-12.
- TABLEAU de la situation des établissements français dans l'Algérie, 1858-1861. 1 vol. in-4. Impr. impériale.

Abonnements.

- ANNALES de chimie et de physique. Mars 1863.
- COMPTES RENDUS hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. N^{os} 9 à 15, 1^{er} semestre 1863.
- JOURNAL des économistes. Mars et avril 1863.
- TEINTURIER universel (le). N^{os} 23, 24 de la 3^e année et n^{os} 1, 2 de la 4^e.
- ARTIZAN (the). Février, mars, avril 1863.
- MECHANIC'S magazine (the). Février, mars 1863.
- PRACTICAL mechanic's journal (the). Mars, avril 1863.
- TECHNOLOGIST (the). Janvier à avril 1863.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

ARTS MÉCANIQUES.

RAPPORT *fait par M. ALCAN, au nom du comité des arts mécaniques, sur*
LE NOUVEAU PROCÉDÉ DE TISSAGE *de MM. HÉBERT et VOISIN, rue du Mail, 13.*

M. Frédéric Hébert fils, manufacturier, à Paris, a demandé à la Société de vouloir bien examiner un nouveau procédé de tissage, au moyen duquel il est parvenu à produire, sur les métiers ordinaires, des châles sans découpage et offrant une économie et une solidité qu'aucun autre système de fabrication ne peut réunir au même degré.

On sait, en effet, que les étoffes façonnées peuvent être classées en trois grandes catégories : en tissus spoulinés, brochés et lancés.

Les magnifiques produits des Gobelins, de Beauvais, leur imitation d'Aubusson et du Nord, les châles et écharpes de l'Inde appartiennent à la première de ces catégories, ils sont exécutés à la main ; des fils de couleur sont bouclés un à un autour des fils tendus de la chaîne, qui sont ainsi recouverts point par point conformément à un modèle teinté ou peint sur la mise en carte, et selon des contours arrêtés pour la plupart des fois sur la chaîne elle-même. L'indication sommaire de ces moyens suffit pour en démontrer la lenteur et la nécessité de n'en confier l'exécution qu'à des artistes en tapisserie pour arriver à un résultat parfait ; ces deux conditions expliquent, à leur tour, la cause de l'élévation de prix de ces sortes d'ouvrages.

Les étoffes brochées, qui forment une des branches importantes des belles soieries de Lyon, sont relativement limitées dans leurs effets et ornementa-

tions. Les battants-brocheurs employés à ces produits étalant leurs fils perpendiculairement à la direction de la chaîne, les canettes ou spoulins qui les réalisent ont besoin entre elles d'un espace vide égal à leur longueur pour opérer leur course ; ils ne peuvent, par conséquent, agir que de place en place à des distances sensibles, et sont impropres à l'exécution des effets façonnés continus dont sont ornés, entre autres, les châles, les tissus pour ameublement, etc. Il faut, pour ces sortes de résultats, avoir recours au système de tissage dit au *lancé*. Il se distingue facilement des précédents par la superposition, à chaque ligne transversale du tissu, d'autant de fils qu'il y a de couleurs. Pour une étoffe à sept couleurs, sur une largeur de 2 mètres par exemple, il faudra 14 mètres de trame fournis par sept courses de navettes, et, si les effets étaient également répartis, chacune des courses y concourrait pour $1/7$. Les $6/7$ des fils qui, dans ce cas, ne doivent pas apparaître à l'endroit chargent tellement le tissu à l'envers, qu'il serait d'un usage impossible sans un découpage qui enlève la superposition des vides et pèse, en moyenne, un poids égal aux $2/3$ du châle. Ce déchet considérable est perdu, il paye à peine les frais de l'opération, qui a de plus pour conséquence un certain amoindrissement de la ténacité par suite des solutions de continuité dans les enchevêtrements.

L'industrie des tissus s'est donc trouvée jusqu'ici en présence de trois manières de procéder, ayant chacune des avantages et des inconvénients. Le spoulinage indien et le travail sarrasinois des Gobelins, sans être identiques, présentent néanmoins tous deux la facilité de pouvoir employer une infinité de couleurs sans augmenter la dépense, d'offrir des produits d'une solidité séculaire sous le rapport du tissage, et de ne faire aucun déchet inhérent au moyen technique ; il est vrai que ce dernier avantage est de peu d'importance pour des produits comme ceux des Gobelins, où la valeur de la matière disparaît en quelque sorte devant celle de la main-d'œuvre.

Le travail des battants-brocheurs, beaucoup plus expéditif, est limité, comme nous venons de le dire, à une série d'articles de luxe, ou à des effets très-restreints lorsqu'on en fait des applications aux étoffes à bas prix.

Ne reste donc pour les façonnés continus les plus perfectionnés que le système où la trame est chassée ou lancée, comme on dit, d'une rive à l'autre de la pièce, lors même qu'elle ne doit concourir qu'à un effet beaucoup plus circonscrit, et ne servir que sur $1/100$ de partie, par exemple, de cette même largeur. Malgré les nombreux perfectionnements apportés aux articles de cette catégorie et aux moyens de les produire, cette fabrication n'aura atteint son progrès le plus important que lorsque le découpage, sa cause et ses conséquences auront entièrement disparu. Les résultats pratiques et com-

merciaux auxquels est arrivé M. Frédéric Hébert dans sa fabrication résolvent la question pour une certaine série d'articles, et laissent entrevoir un développement bien plus important encore des procédés qu'il met en usage. La réussite complète des produits que vous avez sous les yeux, une vente de 1,650 châles représentant une valeur de plus de 350,000 fr. dans ces dernières années, prouvent que ce n'est plus là une invention à l'état d'essais et de tâtonnements.

La base principale du procédé nouveau repose sur l'emploi d'un battant-brocheur, caractérisé par la forme et la disposition de ses spoulins ou petites canettes. En effet, la direction de leurs fils n'est plus perpendiculaire, mais oblique par rapport à celle de la chaîne, et les spoulins ou petits cylindres creux qui les contiennent sont placés les uns à côté des autres au contact tangentiel, et dans un plan parallèle à cette dernière. A chaque entrelacement simultané de tous les fils du battant avec ceux de la chaîne, ce battant s'y introduit par sa partie inférieure dentelée de manière à former une espèce de râteau. Le reste de tout le système du battant avec ses spoulins s'éloigne d'une certaine quantité à partir de la ligne d'entrelacement, et opère la livraison et la tension voulues des fils, avec une régularité remarquable, grâce à une disposition spéciale imaginée à cet effet. Il résulte de l'ensemble de ces moyens que toute la largeur du tissu est utilisée au placement des fils brocheurs; ceux-ci sont distribués sur la hauteur du battant de manière à doubler leur nombre et à les réunir tous dans un même plan sur la ligne des entrelacements. Nous en avons vu fonctionner de cette façon jusqu'à 600, qui manœuvraient avec toute la facilité et la précision voulues.

Nous voudrions mentionner certains détails aussi ingénieux que pratiques du nouvel organe spoulineur et indiquer, entre autres points, comment les fils sont logés dans les petits cylindres creux et s'en déroulent sans ébouillage ni bouclage sous une tension constante, les moyens par lesquels le battant pénètre dans la chaîne et change de position à chaque instant pour ménager les fils, enfin passer en revue la corrélation des mouvements de ces éléments délicats dans leur fonctionnement; mais une telle description, sans le secours de figures, serait médiocrement claire malgré tous nos efforts, et sera, au contraire, facilement saisie à la vue du dessin dont nous demandons l'insertion au *Bulletin*.

Nous avons hâte d'ajouter, sur la recommandation même de M. Hébert, que le remarquable appareil dont nous avons cherché à faire comprendre la valeur et la portée a été imaginé par M. Voisin, qui avait essayé de l'appliquer tout d'abord aux mousselines brochées et autres articles de ce genre; mais ce n'est qu'à partir du moment où l'inventeur fit connaître son appa-

reil à M. Hébert, vers l'année 1857, que les essais furent poursuivis avec le soin, les sacrifices et les moyens nécessaires à tout système nouveau pour le faire adopter par la pratique. Nous avons suivi avec un grand intérêt les diverses phases et transformations par lesquelles l'appareil primitif a dû passer pour pouvoir rendre les résultats relativement considérables que nous apprécions aujourd'hui. L'outil étant donné dans son principe, il a fallu rechercher les articles auxquels il pouvait être le plus propre, modifier certaines préparations préliminaires de la fabrication, la mise en carte par exemple, pour la mettre en harmonie avec les effets spéciaux fournis par le battant spoulineur. Les réductions, le mode d'apprêt le plus convenable, le genre des dessins même ont dû être étudiés à des points de vue spéciaux par le manufacturier, afin d'arriver à la production d'articles d'un mérite tel qu'ils se fassent adopter par la clientèle, en concurrence avec certains produits similaires de l'Inde, malgré le prestige dont ceux-ci sont l'objet.

Nous devons néanmoins aller au devant des remarques que pourraient faire les admirateurs exclusifs de ces derniers produits, et les orthodoxes de l'art pratiqué dans la vallée de Cachemire, en reconnaissant que le mode d'entrelacement des fils qui y est pratiqué n'est pas le même que celui employé dans le procédé dont nous nous occupons. Le *crochetage*, spécialement en usage dans le spoulinage de l'Inde, a lieu par l'entrelacement des trames entre elles, tandis que, dans le procédé nouveau, la solidité du tissu est obtenue par l'enchevêtrement des fils de la trame avec ceux de la chaîne. Mais les avantages de la durée du produit, de l'économie de la matière, de la facilité de l'emploi d'un nombre quelconque de couleurs sont identiques pour les deux systèmes. Restent donc, au profit des ouvrages orientaux, certaine harmonie et les effets provenant de l'influence du milieu, ou conditions climatiques dans lesquelles vivent les artistes et artisans de ces contrées, et de l'expérience qui leur a été transmise depuis les temps les plus reculés. Nous ne saurions trop nous efforcer de marcher sur les traces des industriels indiens dans cette direction, nous leurs émules les plus redoutables dans la production des articles de goût; mais loin de nuire aux progrès artistiques, comme il est de mode de le dire depuis quelque temps, des perfectionnements mécaniques dans le genre de ceux que viennent de réaliser MM. Hébert et Voisin leur peuvent venir en aide, tout en apportant une économie considérable dans les frais de la fabrication. En effet, ces moyens nouveaux permettent de scinder d'une façon tranchée de l'exécution mécanique la partie qui incombe à l'artiste et d'augmenter le nombre des matériaux dans lesquels il doit puiser tout en facilitant le travail. Il suffit, d'ailleurs, d'avoir examiné les moyens nouveaux pour pouvoir affirmer que, si un fabricant

indien voulait envoyer à l'atelier de la Villette, où fonctionne le nouveau procédé, le dessin et les fils pour faire l'un de ses châles les plus estimés, on l'exécuterait chez nous avec une rapidité comparative inouïe, et il n'y aurait de différence apparente entre ce produit et le même exécuté dans l'Inde que dans une plus grande régularité, nous dirions même perfection, en faveur du produit indigène, si les défauts du châle indien ne leur donnaient un certain cachet d'origine recherché surtout par la clientèle spéciale à laquelle ils sont destinés.

Quel que soit le point de vue sous lequel l'on envisage les résultats déjà obtenus par les efforts persévérants et intelligents de MM. Hébert et Voisin, l'on ne saurait méconnaître qu'ils offrent, dès à présent, un grand intérêt, en dotant l'art du tissage d'un appareil nouveau qui permet la création d'une spécialité d'étoffes qui n'existait pas jusqu'ici dans le commerce, et qui ne saurait manquer de prendre une importance croissante. Les recherches plus ou moins avancées dans la même direction depuis les succès de ces industriels, les applications variées faites à d'autres articles, les perfectionnements de détails que les exploitants du procédé nouveau projettent eux-mêmes d'y apporter encore pour étendre son action, démontrent qu'il s'agit ici d'une invention utile dont l'avenir est assuré. C'est par des améliorations de cet ordre que l'industrie des tissus en France, et notamment des châles, conservera la position qu'elle s'est si honorablement acquise et pourra l'étendre encore sans craindre aucune concurrence.

Votre comité des arts mécaniques vous propose, en conséquence, Messieurs, de remercier M. Hébert de son intéressante communication, de lui témoigner votre satisfaction du progrès qu'il vient de réaliser par son concours persévérant et éclairé dans l'application d'un moyen nouveau qui aurait pu échouer encore sans l'auxiliaire d'une pratique intelligente, et de faire connaître la part fondamentale de M. Voisin dans ces résultats, en ordonnant l'insertion du présent rapport avec le dessin du battant spoulineur-brocheur dans votre *Bulletin*.

Signé M. ALCAN, rapporteur.

Approuvé en séance, le 29 janvier 1862.

LÉGENDE DESCRIPTIVE DE LA PLANCHE 271 REPRÉSENTANT LE BATTANT SPOULINEUR-BROCHEUR DE MM. HÉBERT ET VOISIN.

Fig. 1. Élévation partielle du battant.

Fig. 2. Vue debout suivant la ligne I, II de la figure 1.

Fig. 3. Section verticale suivant la ligne III, IV de la figure 1.

Fig. 4. Autre section verticale suivant la ligne V, VI de la figure 1.

Fig. 5 et 6. Élévations et vues de bout de deux navettes s'accrochant l'une au-dessus de l'autre aux platines.

Fig. 7. Vue de profil d'une platine portant ses deux rangs de navettes.

Fig. 8. Vue de face de la même platine.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets dans toutes les figures.

A, règle plate horizontale en fer, à laquelle sont attachées les platines qui portent les navettes.

A', autre règle ayant un rebord en forme de T placée sous la précédente, ainsi que le montrent les figures 3 et 4, pour diminuer la flexibilité de la règle A.

C, axe supportant la mécanique à laquelle il sert de pivot.

D, D, bras de support de l'axe C, reliés entre eux par une forte tringle transversale D'.

E, E, chapes dans lesquelles les bras D sont retenus, au moyen d'une cheville qui leur sert d'axe de rotation; ces chapes sont boulonnées sur une semelle de bois parallèle à la tringle D'.

F, tringle parallèle à la règle A et servant à transmettre le mouvement au chasse-navettes.

F', poignée de commande de la tringle F (fig. 4).

G, tringle du chasse-navettes, parallèle à la tringle F sous laquelle elle est placée, et portant un certain nombre de broches verticales qui servent à pousser les navettes.

H, H', colliers formant genouillères et reliant entre elles les tringles F, G, de telle sorte que, lorsqu'on imprime à la première un mouvement de rotation, la seconde se relève ou s'abaisse.

I, platines de bronze vissées à la règle A et auxquelles s'accrochent les navettes (fig. 7 et 8); leur nombre est variable, mais le modèle que le dessin représente en contient 100; elles forment une espèce de râteau destiné à s'enfoncer dans les fils de la chaîne.

J, broches du chasse-navettes, attachées verticalement à la tringle G devant les platines I (fig. 3 et 4).

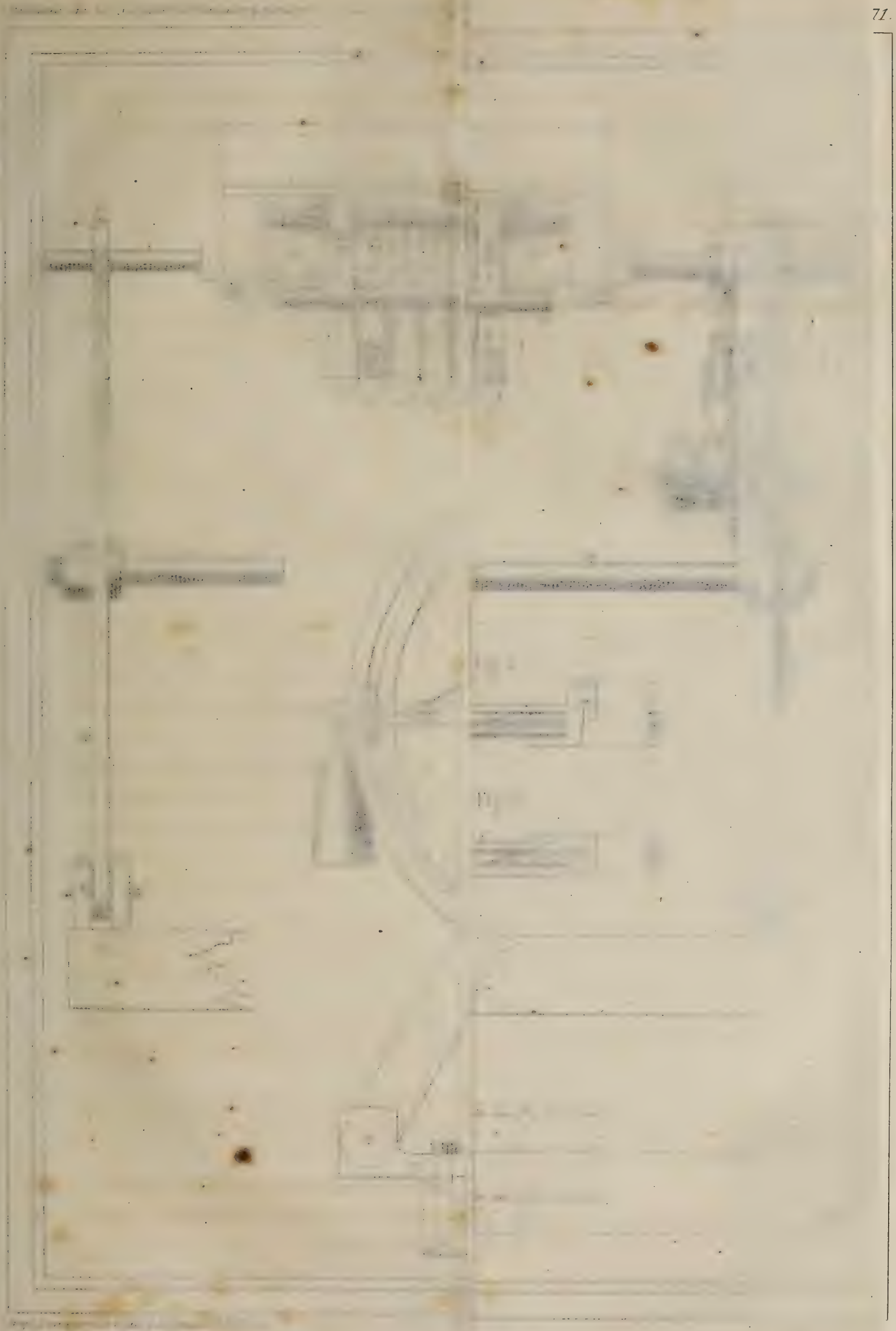
K, navettes basses, K', navettes hautes; elles s'accrochent sur deux rangs aux platines, qui en portent chacune 6; de cette manière, comme il y a dans le modèle représenté 100 platines, il doit y avoir 600 navettes.

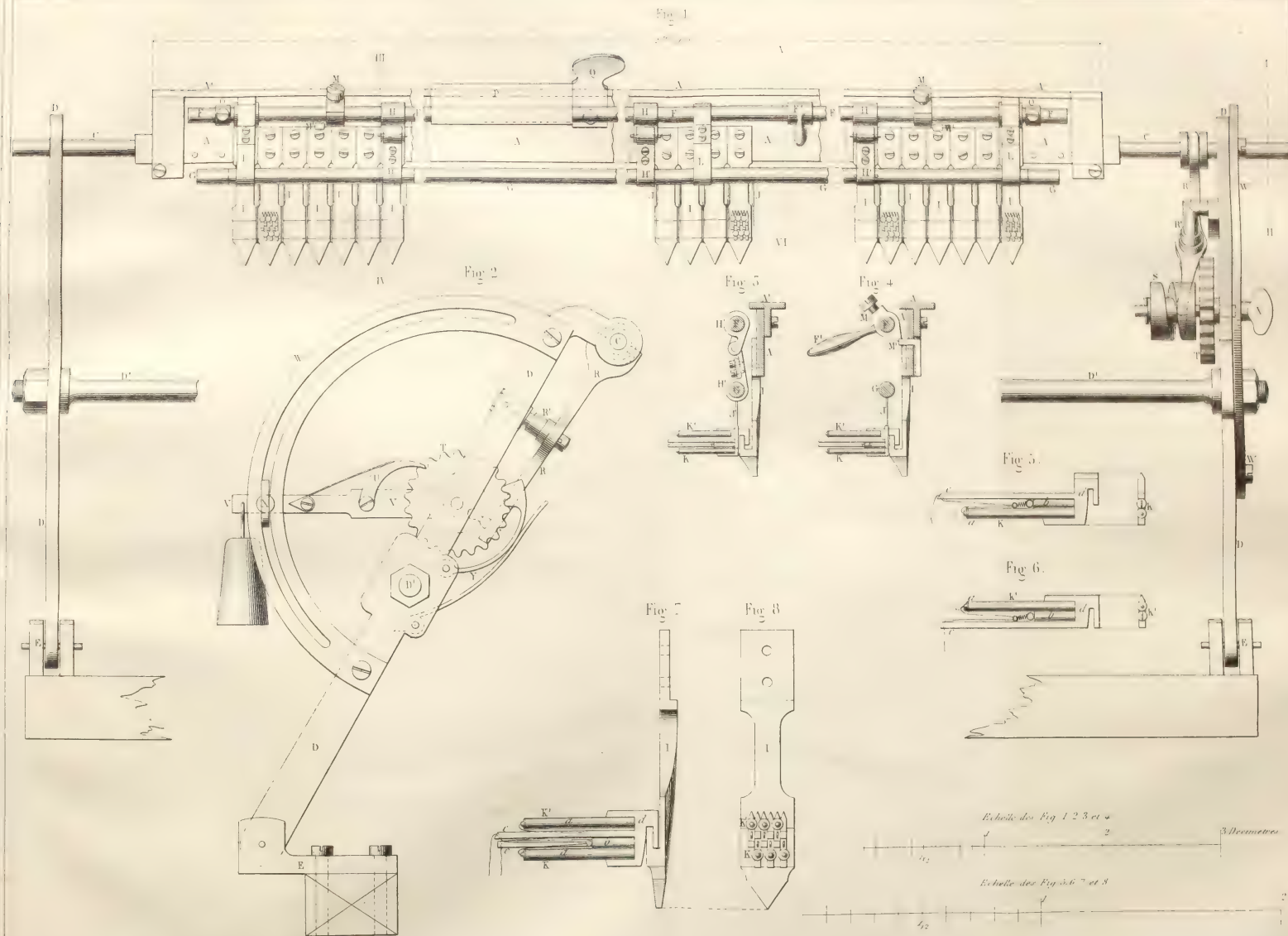
L, supports de la tringle F et fourchettes dans lesquelles la tringle H peut se mouvoir verticalement ou horizontalement, lorsqu'on agit sur la première de ces tringles au moyen de la poignée F'.

M, M, comes d'arrêt bornant à droite ou à gauche la course horizontale de la tringle F (fig. 1 et 4); leur position variable sur la tringle F se règle au moyen de vis de pression.

M', M', buttoirs faisant ressort et contre lesquels viennent frapper les comes M.

O, O, manchons mobiles (fig. 1) bornant la course circulaire de la même tringle F au moment de la prise de la navette pour la chasser.





P, plaque où se pose la main de l'ouvrier.

Q, poussoir pour aider l'ouvrier à manœuvrer la mécanique.

R, levier à fourchette saisissant l'axe C par un renflement à gorge et imprimant un mouvement de va-et-vient à la mécanique (fig. 1 et 2); l'axe de rotation R' de ce levier est fixé au bras D de droite.

S, excentrique à gorge dans lequel, au moyen d'un bouton, la queue du levier à fourchette est engagée.

T, roue faisant fonction de rochet, calée sur l'axe de l'excentrique S et recevant le mouvement du cliquet U.

U, cliquet de commande de la roue T, placé sur le levier V et pressé constamment par une lame de ressort (fig. 2).

V, levier à contre-poids servant à manœuvrer le cliquet U.

W, secteur fixé au bras de support D et le long duquel on fait glisser le levier V.

X, vis de pression à galet servant à fixer à demeure le levier V.

Y, cliquet d'arrêt de la roue T; il est pressé constamment par une lame de ressort fixée au bras de support D.

Description des navettes. — Les navettes basses K et les navettes hautes K' (fig. 5, 6, 7 et 8) sont faites de la même manière; leurs dispositions sur les platines I présentent seules une différence.

Elles se composent 1° d'un grand tube ou spoulin *a*, fermé par un couvercle et contenant une petite canette qui porte le fil brocheur; 2° d'un petit tube *b* destiné à loger, lorsqu'il se retire, un petit ressort à boudin soutenant le fil au moyen d'un anneau en verre. Ce petit tube est placé en dessus du grand tube dans les navettes basses, et en dessous dans les navettes hautes. Le fil, dont la direction est indiquée sur les figures, passe, avant de sortir du tube *a*, dans une petite pince logée dans le couvercle et dont l'action a pour effet, en produisant une tension constante, de lui permettre de se dérouler sans éboulage ni bouclage; du tube *a* il va au ressort du tube *b* et de là à une tige *c* faisant partie du support *d* de la bobine, laquelle tige se trouve placée en dessus dans les navettes basses, et en dessous dans les navettes hautes.

Le support *d* est muni d'un crochet qui sert à suspendre les bobines de chaque rang aux platines correspondantes. Ce crochet étant dans le support représenté figure 5 plus grand que celui de la figure 6, on comprend que si l'on suspend l'une à côté de l'autre les navettes K et K' (fig. 5 et 6), le grand tube de la première se trouvera placé plus bas que celui de la seconde, en sorte que, sans être dans une position exactement verticale l'une au-dessus de l'autre, les navettes n'en seront pas moins disposées sur deux rangs comme le montrent les figures 1 et 8, et celles d'un même rang se trouveront très-rapprochées les unes des autres sur la même platine, grâce à la faible épaisseur des supports *d* (0^m,0025).

Mouvement du chasse-navettes. — Comme la surface de prise des navettes n'a que 0^m,0025, il est essentiel que le mouvement du chasse-navettes ait assez de précision pour prendre toujours sur chaque platine une seule navette à la fois; on y est parvenu de la manière suivante :

Ainsi qu'on l'a dit plus haut, la tringle F peut recevoir, à l'aide de la poignée F', un mouvement de rotation circulaire autour de son axe et un mouvement de translation horizontale. Dans le premier mouvement la tringle G, cédant à l'action des colliers des genouillères H, H', quitte la position qu'elle occupe sur la figure 1 et se relève avec les broches J qu'elle porte. Dans cette position, l'un des manchons O frappant contre le rebord de la règle A', c'est-à-dire limitant la course angulaire de la tringle F à un point fixé d'avance, on peut opérer un mouvement à droite ou à gauche de manière à transporter les broches J au-dessus et vis-à-vis de l'intersection des premières navettes de chaque série à prendre; en abaissant ensuite la poignée F', la came M appuyant sur le buttoir M' le refoule en arrière, tandis que le buttoir opposé reste en saillie; alors, en ramenant horizontalement la tringle à gauche ou à droite, le buttoir comprimé revient en place et la came placée de l'autre côté limite le retour de la tringle, en venant frapper contre le buttoir qui n'a pas été refoulé. Par ce mouvement on a chassé les premières navettes de chaque série à l'endroit où il est nécessaire qu'elles soient placées.

Mouvement de la mécanique. — On a vu ci-dessus que tous les organes de ce mouvement sont fixés à l'un des bras D. L'excentrique à gorge S est commandé par la roue T au moyen du levier V et du cliquet U. Ce levier, dont la course se règle au moyen du secteur W, est mis en mouvement par la mécanique-armure qui, à chaque passée complète de toutes les couleurs, ne fait prendre qu'une dent au cliquet.

(M.)

ARTS ÉCONOMIQUES.

RAPPORT de M. le comte TH. DU MONCEL, au nom du comité des arts économiques, sur l'appareil électro-médical de M. A. GAIFFE, constructeur, rue Saint-André-des-Arts, 40, à Paris.

Messieurs, depuis que l'électricité est devenue, dans ces dernières années, un agent thérapeutique puissant et fréquemment employé, les appareils électro-médicaux se sont multipliés dans une progression fabuleuse; maintenant chaque constructeur veut avoir un appareil de son invention, et les médecins eux-mêmes tiennent à honneur d'introduire quelques dispositions nouvelles. On comprend facilement que parmi toutes ces modifications apportées à l'appareil d'induction primitif, il en est un grand nombre qui n'ont aucune importance. Cependant quelques-unes d'entre elles ont fourni des résultats tellement heureux, qu'il serait imprudent de dire que tous les appareils électro-médicaux sont également bons comme quelques physiciens l'ont avancé.

Les appareils électro-médicaux fondés sur les réactions de l'électricité d'induction peuvent se diviser en deux catégories : ceux qui fournissent les courants sans l'intermédiaire de piles, les appareils magnéto-électriques en un mot, et ceux dans lesquels l'induction résulte d'aimantations temporaires provoquées par un courant voltaïque, fréquemment interrompu au moyen d'un rhéotome. Les premiers ont l'avantage de ne pas nécessiter le chargement d'une pile et de pouvoir être mis immédiatement en fonction ; mais ils ont l'inconvénient de nécessiter une manœuvre assez fatigante, qui devient même très-difficile quand les électrisations doivent être prolongées ; ils sont d'ailleurs d'un volume relativement assez considérable et d'un prix élevé.

Les autres appareils n'ont pas, il est vrai, ces derniers inconvénients, mais en revanche ils réunissent tous ceux qu'entraîne l'emploi d'une pile confiée le plus souvent à des mains peu soigneuses et inexpérimentées, et dont le moindre est celui de la charge et de la décharge de la pile. Il arrive, en effet, quand la pile est placée dans un compartiment de l'appareil, comme cela arrive le plus souvent, que les émanations qui en proviennent oxydent les contacts électriques, et l'appareil, au bout de peu de temps, est mis hors de service ou tout au moins nécessite une restauration. Du reste, le grand défaut de tous ces appareils est de ne pas être assez portatifs et d'exiger beaucoup de soin.

M. Gaiffe, habile constructeur d'instruments de physique, a cherché à atténuer tous ces défauts dans les différents genres d'appareils dont nous parlons, et il y est arrivé d'une manière qui a paru des plus heureuses à votre comité.

Ainsi, en adaptant, sur l'armature mobile et sur l'aimant fixe de ses machines magnéto-électriques, des bobines d'induction, il a pu doubler en quelque sorte les effets de ces appareils et, par suite, en réduire considérablement la grandeur. Tels qu'ils sont construits aujourd'hui, ils peuvent tenir dans une boîte de 7 centimètres de largeur et de hauteur sur 12 centimètres de longueur, et votre comité a été frappée de leur force relative.

Mais le plus important des perfectionnements que M. Gaiffe a introduits dans les appareils électro-médicaux est celui qu'il a apporté aux instruments de la seconde catégorie, qui peuvent être renfermés avec leur pile dans une petite boîte de la grandeur d'une trousse de médecin, ne pesant en tout que de 500 à 600 grammes. Ce résultat a été obtenu d'une part au moyen de la pile à sulfate de mercure de M. Marié Davy, et d'autre part en disposant la bobine d'induction d'une façon particulière. Cette bobine est, pour ainsi dire, microscopique, car ses dimensions ne dépassent pas 54 millimètres en longueur et 22 millimètres en diamètre, et pourtant les effets qu'elle produit

sont excessivement énergiques avec la pile également microscopique qui la met en action. Pour qu'on puisse apprécier l'étonnant de cette disposition, il nous suffira de dire que cet appareil, malgré ses petites dimensions, peut fournir des étincelles à distance et fonctionner régulièrement pendant trois quarts d'heure avec une petite pincée de sulfate de bioxyde de mercure, qu'on dépose sur les charbons des deux petits éléments qui composent la pile. La disposition que M. Gaiffe a donnée à cette pile est excessivement avantageuse; elle se compose d'une auge en gutta-percha de 75 millimètres de longueur sur 37 millimètres de largeur, divisée en deux compartiments au fond desquels se trouvent fixées à plat deux plaques de charbon; des fils de platine insérés dans la gutta-percha, relient les deux éléments et constituent les appendices polaires. Pour mettre la pile en action, il suffit de poser simplement les zincs (qui ne sont que de petites plaques carrées de ce métal, de la taille des charbons) sur les bouts des fils de platine, lesquels constituent, à cet effet, des espèces de supports.

L'appareil de M. Gaiffe, comme la plupart des appareils électro-médicaux, fournit les deux courants, appelés, par M. Duchenne, courants de premier ordre et de second ordre, et qui ne sont autres que l'extra-courant et le courant induit; mais il additionne, en outre, les deux courants, et c'est cette combinaison qui donne les effets les plus énergiques. Indépendamment des intermittences rapides fournies par le marteau trembleur, il donne aussi des intermittences espacées, à l'aide d'un levier sur lequel l'opérateur appuie le doigt chaque fois qu'il veut produire une secousse. L'appareil se règle d'ailleurs avec un cylindre de cuivre, qu'on enfonce plus ou moins sur le faisceau de fils de fer fins qui compose le noyau magnétique.

Pour obtenir des courants de premier ordre suffisamment énergiques pour les effets de sensibilité musculaire auxquels on les destine particulièrement, M. Gaiffe a donné à l'hélice inductrice une longueur relativement assez grande; elle se compose, en effet, d'un fil d'un demi-millimètre de diamètre de 20 mètres de longueur: le fil de l'hélice induite, qui a un dixième et demi de millimètre (n° 30), présente d'ailleurs une longueur de 200 mètres.

L'appareil de M. Gaiffe a eu, parmi les médecins, un réel succès; aujourd'hui plus de deux mille de ces appareils sont introduits dans la pratique médicale, et tout fait présager que l'usage s'en étendra de plus en plus, car le prix de ces appareils est très-peu élevé. Pour 40 francs, en effet, on peut avoir un appareil complet, avec tous les accessoires nécessaires à l'électrification, et même une provision de sel de mercure suffisante pour faire fonctionner l'appareil pendant quinze jours.

Le comité a suivi avec beaucoup d'intérêt les progrès réalisés par

M. Gaiffe dans la construction des appareils électro-médicaux, et qui ont fait de ces instruments, autrefois si encombrants, des appareils tout à fait portatifs, très-peu dispendieux et d'une application simple et facile.

En conséquence, il vous propose, Messieurs, de vouloir bien ordonner :

1° Que des remerciements soient adressés à M. Gaiffe pour son intéressante communication ;

2° Que le présent rapport soit inséré au *Bulletin*.

Signé TH. DU MONCEL, rapporteur.

Approuvé en séance, le 20 mai 1863.

BIBLIOGRAPHIE.

RAPPORT fait par M. SALVÉTAT, au nom du comité des arts chimiques, sur un ouvrage intitulé LE VERRIER DU XIX^e SIÈCLE, présenté par l'auteur, M. P. FLAMM, verrier à Phlint (Meurthe) (1).

Messieurs, M. Flamm, de Phlint, près Nomeny (Meurthe), a soumis à l'examen de votre Société le livre qu'il vient de publier sous le titre de *Verrier du XIX^e siècle*. Votre comité des arts chimiques m'a chargé de vous faire le rapport suivant.

Il est remarquable qu'une industrie qui, comme celle de la fabrication du verre, répond aux besoins de notre époque et qui comprend l'ensemble d'une grande variété de produits extrêmement remarquables, n'ait pas été traitée *ex professo* depuis près d'un siècle. Les anciens livres de Néry et de Kunckel sur l'art de la vitrification étaient encore en très-grande vogue, lorsque l'ouvrage de Loysel, *Essai sur l'art de la verrerie*, vint fixer l'attention et obtint, en 1791, les honneurs d'un rapport favorable fait à l'Académie des sciences par Darcet, Fourcroy et Berthollet.

Depuis cette époque, l'industrie du verre est l'une de celles qui ont le plus grandi ; elle a perfectionné ses méthodes, multiplié sa sphère d'action ; elle s'est imposée dans nos habitudes, comme objet de luxe et d'usage indispensable ; elle est de première utilité pour les progrès des sciences, qu'on les considère au point de vue purement spéculatif, ou qu'on les envisage au point de vue de leur application.

(1) A la librairie Lacroix, à Paris.

On s'étonnait donc qu'un art si digne d'intérêt, si brillant dans ses productions, si varié dans ses procédés, restât encore sans interprète, lorsque notre savant secrétaire, M. Peligot, vint réunir dans une forme beaucoup trop modeste, sous le titre de *Douze leçons sur la verrerie*, professées au Conservatoire des arts et métiers, toutes nos connaissances sur ce sujet fécond en renseignements utiles. Les notions scientifiques que nos verriers doivent posséder y sont groupées avec un soin tout particulier.

Mais il était impossible à l'auteur de réunir, dans un cadre aussi étroit, dans un espace aussi limité que celui qu'il s'était donné, une foule de dosages qu'il est bon de conserver, et qui, dans un grand nombre de circonstances, peuvent être consultés avec fruit.

L'ouvrage sur lequel le comité des arts chimiques est consulté comble cette lacune et si, comme M. Flamm le reconnaît lui-même, son livre ne peut être considéré comme *un traité scientifique*, il a certainement le mérite incontestable d'avoir réussi dans la tâche qu'il s'était imposée, celle d'écrire un recueil richement fourni de notes jusqu'alors disséminées dans les revues périodiques, recueil dans lequel il a d'ailleurs condensé le résultat de ses propres expériences, poursuivies pendant vingt ans d'une pratique continue.

Le volume dont nous avons à vous rendre compte se divise en plusieurs chapitres dans lesquels l'auteur passe en revue les matières constitutives du verre, la qualité des argiles destinées à confectionner les pots, les fours, les pierres à étendre, etc.; il réserve un chapitre spécial à l'étude des combustibles; la question des combustibles gazeux s'y trouve ébauchée; l'auteur pressent les succès qui doivent être assurés aux procédés de cuisson au gaz.

A l'étude des fours de fusion, considérés dans leurs formes, leurs dimensions et leur construction, M. Flamm a joint un examen détaillé de la forme des pots, de leurs capacités et des avantages qu'ils doivent présenter au double point de vue de l'économie, de la fabrication et de la qualité du verre.

Envisageant la question sous un jour nouveau, et l'attaquant dans sa plus grande généralité, après avoir réuni dans un même chapitre la composition synthétique particulière à chaque espèce de verre, M. Flamm, sous le titre de *Travail du verre*, poursuit l'examen des diverses méthodes auxquelles on a recours pour le façonnage, et en choisissant les divers exemples qu'il cite parmi les types les plus répandus, il présente une encyclopédie très-intéressante et fort complète de l'art du verrier au XIX^e siècle.

Non-seulement la pratique de la fabrication est lucide et méthodique, mais encore les industries qui se rattachent à la verrerie sont également traitées avec soin, et c'est ainsi que l'ouvrage ne comprend pas moins de vingt-trois

chapitres, qui forment un ensemble bien capable, suivant les vues de M. Flamm, de guider dans leurs fonctions les maîtres, contre-maîtres et ouvriers verriers, par des données consacrées par l'expérience.

En conséquence, votre comité des arts chimiques a l'honneur de vous proposer :

- 1° De remercier M. Flamm du don de son ouvrage pour la bibliothèque ;
- 2° De voter l'insertion du présent rapport dans le *Bulletin* de la Société.

Signé SALVÉTAT, rapporteur.

Approuvé en séance, le 20 mai 1863.

RAPPORT fait par M. BOURGEOIS, au nom du comité d'agriculture, sur l'ouvrage intitulé, CULTURE DU CHASSELAS A THOMERY, de M. ROSE CHARMEUX (1).

M. le Secrétaire de la Société d'encouragement m'a fait l'honneur de m'adresser, le 25 mars dernier, un ouvrage intitulé : *Culture du chasselas à Thomery*, par M. Rose Charmeux, que le comité d'agriculture m'invite à examiner pour en faire un rapport.

A première vue de cet ouvrage et à son titre seul, on ne saurait se défendre d'une prévention toute favorable. En effet, quand on sait que Thomery doit à un des aïeux des messieurs Charmeux la culture si justement renommée des raisins de table supérieurs, c'est assurément une bonne fortune pour les jardiniers et les amateurs en particulier, et pour les viticulteurs et les horticulteurs en général, que la publication d'un ouvrage spécial qui initie aux secrets de la pratique perfectionnée la mieux étudiée et la mieux éprouvée tous ceux qui se livrent à la culture de la vigne.

Toutefois M. Rose Charmeux fait précéder le manuel de ses méthodes d'un historique, où il rapporte en peu de mots que les cultures commerciales des chasselas de Thomery tirent leur origine des treilles royales du château de Fontainebleau qui, dans le XVII^e siècle, jouissaient déjà d'une réputation méritée. Ce fut en 1830 que François Charmeux sollicita et obtint l'autorisation de prendre des plants des cépages du jardin du Roi et que le premier il établit, à Thomery, un espalier du précieux chasselas ; il en obtint immé-

(1) Paris, 1863, Victor Masson et fils.

diatement de bons et beaux produits qui se vendirent bien. Encouragé par ces succès, il fit construire de nouveaux murs, étendit beaucoup ses cultures, et au bout de cinq ou six années il eut quelques imitateurs dans la localité ; mais ce ne fut réellement qu'à partir de 1800 que la nouvelle culture prit, au point de vue commercial, une large et rapide extension. Dans le principe, la conduite de la vigne en cordons laissait beaucoup à désirer; François Charmeux y apporta d'utiles améliorations qui furent heureusement continuées par ses enfants, et plus particulièrement par M. Rose Charmeux, dont les remarquables succès ont été couronnés dans tous les concours et lui ont mérité la décoration de la Légion d'honneur.

Le livre de M. Rose Charmeux renferme les instructions les plus précises et les plus complètes sur la manière de conduire la vigne de treille et de la soigner depuis la plantation jusqu'à la récolte, avec les moyens les plus efficaces de conserver le raisin; puis l'auteur énumère les variétés de cépages qu'il considère comme les plus dignes d'être cultivées parmi ceux qu'il a pu étudier.

Le comité d'agriculture, considérant tout l'intérêt qui se rattache à la publication d'un ouvrage dont la connaissance tend à généraliser la meilleure méthode de culture des raisins de treille, méthode que M. Rose Charmeux abandonne au domaine public, a l'honneur de proposer à la Société de remercier l'auteur de l'hommage de son livre et d'ordonner l'insertion du présent rapport au *Bulletin*.

Signé BOURGEOIS, rapporteur.

Approuvé en séance, le 6 mai 1863.

ARTS CHIMIQUES.

SUR LA PRÉPARATION INDUSTRIELLE DE L'ORCINE, PAR M. VICTOR DE LUYNES,
Membre du comité des arts économiques.

M. Dumas (1), en faisant l'histoire de l'orseille, s'exprimait ainsi en 1846 :
« Les détails de la fabrication de l'orseille, ayant toujours été tenus secrets, ne sont qu'imparfaitement connus. On doit le regretter, aujourd'hui surtout que les différentes matières colorantes qui se forment pendant cette opération

(1) Dumas, *Traité de chimie appliquée aux arts*, 1846, t. VIII, p. 47.

ont été soumises à une étude attentive; il est probable que les lumières de la science permettraient de produire, dans un temps moins long, une matière colorante plus abondante, plus pure et plus solide. »

Les prévisions de M. Dumas n'ont pas tardé à se réaliser; car dès 1848 parurent divers travaux qui firent entrer la fabrication de l'orseille dans une voie de progrès dont le terme n'est certainement pas encore atteint.

Dans l'origine on produisait l'orseille en soumettant certains lichens à l'action simultanée de l'air et de l'urine putréfiée. Plus tard on remplaça l'urine par l'ammoniaque. Au bout de quelque temps, par l'agitation et sous l'influence d'une température convenable, il s'établissait une sorte de fermentation par suite de laquelle la coloration se développait. On arrêtait l'opération lorsque la nuance avait atteint l'intensité voulue.

On obtenait ainsi une matière de couleur violette livrée au commerce sous le nom d'orseille ou de cudbear suivant qu'elle était à l'état de pâte molle ou de poudre desséchée.

Préparée de cette manière, l'orseille n'est autre chose que le lichen imprégné de la matière colorante; or la partie ligneuse du lichen est un obstacle à certaines applications de l'orseille : de là la nécessité de la séparer en extrayant la matière colorante au moyen de l'eau et en réduisant, par la chaleur, la dissolution à un petit volume.

Mais, pendant l'évaporation, la matière colorante subit toujours une altération plus ou moins profonde : de sorte que les extraits d'orseille ne présentent pas les mêmes propriétés tinctoriales que la matière primitive. C'est alors qu'on eut l'idée de séparer du lichen, avant toute coloration, la matière colorable, pour soumettre seulement cette dernière aux procédés propres à développer la couleur.

Ce fut Robiquet (1) qui isola le premier, en 1829, le principe colorable des lichens qu'il désigna sous le nom d'*orcine*. Son procédé consistait à traiter par l'alcool le lichen *variolaria dealbata*, à évaporer l'extrait alcoolique et à épuiser le résidu en le broyant avec de l'eau dans un mortier. La solution aqueuse obtenue, évaporée à une douce chaleur, fournit un liquide brun sirupeux qui cristallise avec le temps en longues aiguilles radiaires et sans consistance; ces aiguilles, séparées des eaux mères par une forte pression et purifiées par le noir animal, donnent, en dernier lieu, l'*orcine* sous forme d'une

(1) Robiquet, *Essai analytique des lichens de l'orseille*, *Annales de chimie et de physique*, 2^e série, 1829, t. XLII, p. 236.

masse cristalline et composée de longs prismes d'un blanc jaunâtre et opaque, et d'une saveur sucrée.

Stenhouse, dans un remarquable travail (1) publié en janvier 1848, indique une méthode pour extraire les principes colorants des lichens employés par les fabricants d'orseille afin d'en faciliter le transport pour les usages commerciaux.

Ce savant chimiste traite les lichens (*Rocella Montagnei*) par un lait de chaux, et dans la liqueur claire ainsi obtenue il précipite, par l'acide chlorhydrique, l'acide érythrique qu'il soumet ensuite à une douce chaleur pour le dessécher. Stenhouse termine en disant : « Presque toute la matière colorante d'un lichen pourrait ainsi être extraite moyennant une dépense comparativement petite, et la valeur de l'extrait desséché, s'élevant à plus de 4,000 livres par tonne, payerait et au delà les frais des provenances des contrées les plus lointaines, comme les Andes et l'Himalaya. »

Le travail de Stenhouse constitue la première indication de la séparation industrielle des principes colorables des lichens.

La matière blanche ainsi obtenue n'est autre chose que l'acide érythrique découvert par Heeren et étudié depuis par Schunck et Stenhouse.

Vers le mois d'août de la même année, M. Frezon fit breveter un mode de séparation de la matière colorable aussi élégant qu'inattendu. Les lichens, malaxés sous l'eau, lui abandonnent le principe colorable en la rendant laiteuse; quelques gouttes d'une solution de bichlorure d'étain hydraté suffisent pour coaguler la matière, qui se dépose rapidement en se réduisant à un petit volume.

A l'eau froide on a substitué l'eau chaude, et les liqueurs alcalines ou acides, au moyen desquelles on épuise les lichens. Ces solutions, réduites par l'évaporation, donnent la matière colorable sous forme d'extrait liquide.

Enfin, le 6 septembre 1855, M. Fouacier a pris un brevet pour l'application du procédé de Robiquet à l'industrie. Sa méthode consiste à épuiser les lichens par l'alcool dans des appareils permettant de recueillir tout l'alcool, qui sert ainsi indéfiniment. L'extrait alcoolique est évaporé, et le résidu, traité par l'eau, donne une liqueur qu'on filtre pour séparer la résine. La solution, filtrée et évaporée, donne l'orcine, qu'on conserve à l'état de dissolution ou qu'on abandonne à cristallisation.

Il est facile de voir que ce dernier procédé ne peut pas donner de l'orcine pure, et que surtout il ne permet pas d'extraire à l'état d'orcine toute la ma-

(1) *Philosophical Transactions of the royal Society of London*, 1848, p. 78.

tière colorable du lichen. En effet, l'orcine n'est qu'un produit de décomposition de principes peu solubles dans l'eau; il faut donc décomposer complètement ces derniers pour que l'eau puisse enlever toute l'orcine qui en provient; ce qui n'est pas réalisable par un simple traitement à l'alcool.

Les travaux que je viens de citer montrent l'importance que l'on a attachée, jusqu'à ce jour, à la séparation préalable des principes colorables des lichens; c'est pourquoi j'ai pensé qu'il y aurait quelque intérêt à se procurer industriellement l'orcine à un prix aussi bas que possible. A l'état solide, elle présente sous un petit volume la matière colorable contenue dans un poids considérable de lichen; de plus, par son inaltérabilité et la facilité avec laquelle elle cristallise, elle constitue pour le fabricant une substance toujours identique à elle-même sous le double point de vue de la richesse en principe colorable et de l'aptitude à la coloration.

Les procédés les plus avantageux pour la préparation de l'orcine sont dus à Schunck et surtout à Stenhouse.

D'après le premier, l'orcine s'obtient parfaitement pure en décomposant la solution d'acide lécanorique par la baryte caustique; on filtre pour séparer le carbonate, et l'on évapore jusqu'à cristallisation.

Stenhouse recommande d'opérer de la manière suivante, lorsqu'on veut préparer l'orcine en grande quantité sans trop vouloir s'attacher à ce qu'elle soit parfaitement incolore.

On fait macérer une des variétés de *tinctoria*, ou l'une des différentes espèces de *lecanora* dans un lait de chaux. La solution claire obtenue est soumise à l'ébullition dans un vase ouvert pendant quelques heures, et la liqueur est concentrée à peu près au quart de sa masse. On fait passer un courant d'acide carbonique pour précipiter la chaux, et le liquide filtré doit être soigneusement évaporé au bain-marie. Le résidu est bouilli avec trois ou quatre fois son volume d'alcool absolu, et la liqueur filtrée est abandonnée à cristallisation. En deux ou trois jours il se dépose une grande quantité de cristaux colorés en brun que l'on fait sécher sur du papier brouillard et que l'on purifie par plusieurs cristallisations dans l'éther.

Ce dernier procédé est celui qui donne les meilleurs résultats; cependant il offre plusieurs inconvénients. D'abord la chaux enlève au lichen, outre le principe colorable, une matière jaunâtre soluble dans les acides et les alcalis, et qui reste mélangée avec la solution d'orcine.

Il faut ensuite, lorsqu'on veut préparer une grande quantité d'orcine, opérer sur un volume de liquide très-considérable dont l'évaporation exige beaucoup de temps. L'orcine s'altère alors sous l'influence de la chaux et de l'oxygène de l'air; cette altération donne naissance à une matière résineuse d'autant plus

abondante que l'évaporation a été plus longue ; de sorte qu'en traitant de grandes masses de lichens on arrive à obtenir un sirop plus ou moins épais dans lequel l'orcine ne cristallise que difficilement, et qui, au point de vue de la fabrication, n'offrirait pas un avantage réel sur l'extrait qu'on obtient en concentrant, par la chaleur, la solution aqueuse résultant de l'épuisement des lichens au moyen de l'eau bouillante.

On évite les inconvénients que je viens de signaler, en séparant d'abord des lichens le seul principe utile au point de vue de la production de l'orcine, c'est-à-dire l'acide érythrique, et en le décomposant ensuite par la chaux à l'abri du contact de l'air. Cette dernière circonstance se trouve réalisée en opérant la décomposition de l'acide érythrique dans une enveloppe fermée ; mais l'emploi des vases clos présente un autre avantage non moins important, c'est de diminuer la durée de la préparation, en permettant d'opérer sous pression à une température plus élevée. On peut ainsi obtenir une décomposition complète et rapide sans développer de matière résineuse.

Ce résultat se comprend facilement ; en effet, l'érythrène, qui constitue le principe utile des lichens, est un véritable éther produit par l'union de l'érythrite et de l'acide orsellique, et l'on sait que les éthers sont bien plus facilement décomposés par les bases lorsqu'on les chauffe sous pression ; on peut même, en augmentant suffisamment la pression, diminuer la proportion de base employée et la supprimer complètement, pourvu que la proportion d'eau soit convenable. C'est sur ce principe que reposent les méthodes de saponification des corps gras employées aujourd'hui dans plusieurs usines.

Voici maintenant quelques détails sur la manière dont on doit conduire la préparation de l'orcine.

Les lichens (1) sont mis à macérer dans l'eau pendant une heure ; on les saupoudre avec une petite quantité de chaux éteinte et l'on brasse fortement le mélange. Au bout d'un quart d'heure environ on décante la liqueur, et l'on soumet les lichens à la presse pour en extraire tout le liquide. On traite une seconde fois le lichen par un lait de chaux et l'on presse ensuite.

La liqueur obtenue est rapidement filtrée, puis traitée par un léger excès d'acide chlorhydrique qui précipite tout l'acide érythrique à l'état de gelée épaisse. L'acide érythrique est jeté sur de grands filtres en toile et lavé jusqu'à ce que tout l'acide soit entraîné ; le lavage se fait assez rapidement, si l'on a eu soin de n'ajouter qu'un très-léger excès d'acide chlorhydrique.

L'acide érythrique lavé est abandonné à l'air jusqu'à ce qu'il soit assez sec pour commencer à se fendiller.

(1) Rocella Montagnei.

On l'introduit alors dans une chaudière en tôle avec une proportion de chaux éteinte pulvérisée, un peu inférieure à celle qui serait théoriquement nécessaire pour le décomposer complètement, et on agite pour bien mélanger la matière.

La chaudière étant fermée, on élève la température jusqu'à 150° environ, et l'on maintient cette température à peu près pendant deux heures.

La chaudière que j'emploie porte, outre le trou d'homme, deux ouvertures munies de robinet; la première sert au dégagement de la vapeur, la seconde donne passage à un tube-siphon qui descend jusqu'au fond de la chaudière et permet de la vider complètement. Enfin un tube de fer fermé à la partie inférieure, soudé dans le couvercle de la chaudière et plein d'huile, permet de connaître la température au moyen d'un thermomètre qu'on y plonge.

Au bout de deux heures on laisse diminuer la pression, et en ouvrant le tube-siphon on fait sortir le liquide tenant en suspension le carbonate de chaux. La liqueur présente alors la saveur franche de l'orcine; on sépare par le filtre le carbonate de chaux, qui, du reste, peut se déposer complètement par le repos. Si la pâte a été suffisamment égouttée et desséchée, il suffit d'abandonner la liqueur au refroidissement; si l'acide érythrique a été introduit trop humide dans la chaudière, il est nécessaire de concentrer un peu la solution par la chaleur. Dans les deux cas l'orcine se dépose, par le refroidissement, en beaux cristaux légèrement colorés. Les eaux mères renferment le reste de l'orcine et une matière sucrée, l'érythrite; par une légère concentration, elles se prennent en une masse cristalline. Les cristaux d'orcine ainsi obtenus sont hydratés; on peut encore réduire leur volume en les fondant à une douce chaleur. L'orcine perd ainsi 14 pour 100 de son poids et donne une masse dure, cassante, qui est l'orcine anhydre. Cette orcine anhydre se dissout dans l'eau aussi facilement que l'orcine hydratée et jouit des mêmes propriétés qu'elle.

Cette nouvelle méthode permet donc d'extraire à l'état d'orcine cristallisée toute la matière colorable des lichens; elle a l'avantage, sur les autres procédés de séparation préalable, de donner un produit pur toujours identique à lui-même; les frais de traitement sont minimes, puisqu'ils se réduisent à un peu de chaux, d'acide chlorhydrique et à la petite quantité de charbon nécessaire pour chauffer la chaudière où se trouve le mélange. On peut se demander maintenant si les couleurs dérivées de l'orcine auront les mêmes propriétés que celles obtenues par les anciens procédés; c'est une question que l'expérience seule peut résoudre. Mais j'ai cru qu'il pouvait être utile, dès à présent, d'offrir à l'industrie la matière première susceptible de les produire.

MÉCANIQUE AGRICOLE.

NOTE SUR LA CULTURE A VAPEUR, PAR M. HERVÉ MANGON (1),

Membre du comité d'agriculture.

Le labourage à vapeur préoccupe déjà depuis longtemps les mécaniciens; l'importance de ce problème et son opportunité le placent sur la première ligne des questions à l'ordre du jour dans le monde agricole anglais. Bien que plusieurs machines à labourer à vapeur aient déjà figuré dans les expositions françaises, les progrès rapides réalisés depuis peu m'obligent à donner des détails assez circonstanciés sur ces appareils, que diverses circonstances m'ont permis d'étudier, depuis quelques années, d'une manière particulière.

S'il est un genre d'entraînement auquel on doit résister en agriculture, c'est assurément l'engouement des nouveautés qui fait engager inconsidérément des sommes considérables dans l'essai de méthodes ou de procédés que la pratique n'a pas sanctionnés, et que les données scientifiques sont impuissantes à faire apprécier. Mais il est un autre écueil non moins redoutable : c'est une résistance aveugle aux progrès du temps; résistance qui fait repousser les armes puissantes indispensables à la production économique des produits agricoles aussi bien que des produits manufacturiers.

Le labourage à vapeur est un des procédés qui peuvent modifier profondément le régime agricole d'un pays. Le temps est venu de l'étudier sérieusement et de ne pas se laisser devancer dans cette voie nouvelle. Aux personnes qui regarderaient comme improbable l'emploi, sur une grande échelle, de la vapeur comme ouvrier des champs, je rappellerai que nous avons tous vu la machine à battre commençant à se montrer dans les campagnes, et certainement moins perfectionnée que ne l'est aujourd'hui la charrue à vapeur. Je rappellerai encore qu'en 1851 les agriculteurs français les plus éclairés regardaient les machines locomobiles agricoles comme une curiosité britannique qui n'aurait jamais sa place dans nos fermes, où, aujourd'hui, ces précieux moteurs se comptent par milliers.

Description de la charrue Fowler.

Il serait impossible de décrire complètement, sans un très-grand nombre de figures, les appareils de labourage à vapeur; mais on essaiera de faire concevoir le principe de la plus parfaite de ces machines, celle de M. Fowler. Il sera facile ensuite

(1) La plus grande partie de ce travail est empruntée au rapport de M. Hervé Mangon sur les machines et instruments d'agriculture composant la classe ix de l'Exposition universelle de 1862, qui fait partie de la collection des *Rapports des membres de la section française du jury international sur l'ensemble de l'Exposition, etc.*, t. III, p. 137. Paris, imprimerie et librairie centrale de Napoléon Chaix et comp., propriétaires-éditeurs, rue Bergère.

Les figures ont été ajoutées dans le *Bulletin* de la Société d'encouragement pour faciliter l'intelligence du texte.

de lui comparer les autres dispositions proposées, et de discuter les avantages ou les inconvénients qu'elles peuvent présenter.

La charrue de M. Fowler, fig. 1, se compose essentiellement d'un fort bâti qui, vu de côté, présente la forme d'un V très-ouvert, dont les branches font entre

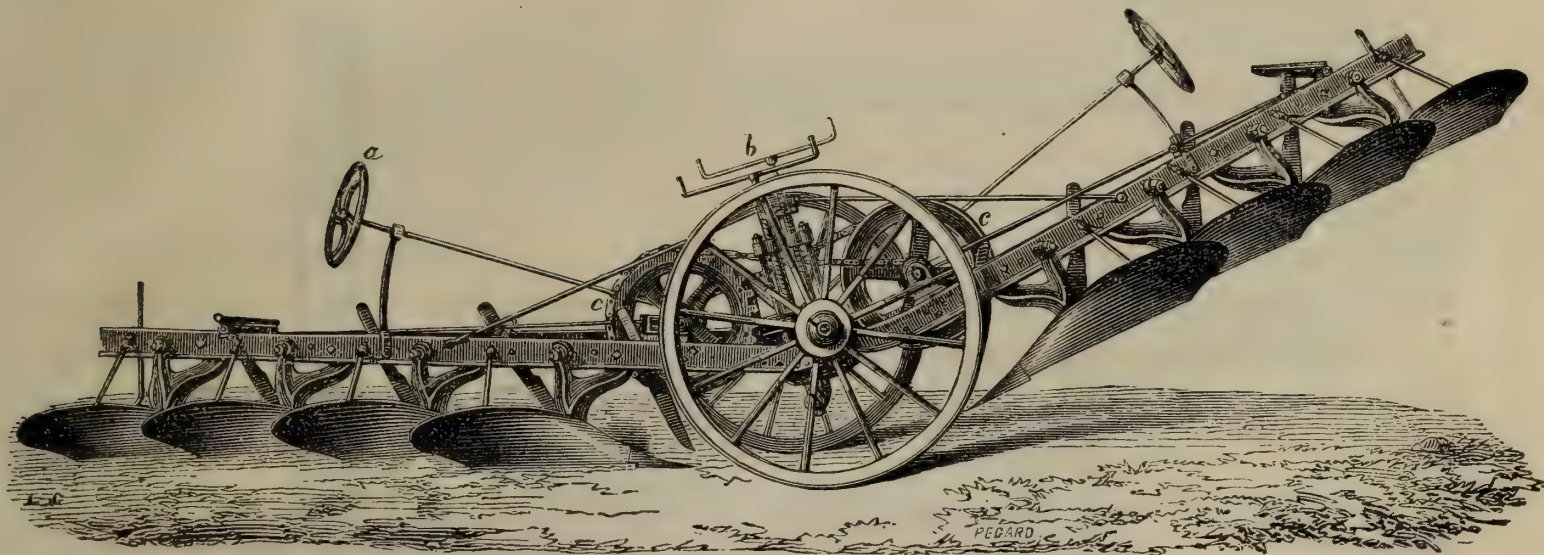


Fig. 1. — Charrue-bascule en fer, à tendeurs automatiques, de M. Fowler.

elles un angle de 150 degrés environ. Le sommet inférieur de ce bâti repose sur un essieu porté par deux grandes et fortes roues à large jante. Chaque côté du bâti, à droite et à gauche de l'essieu, porte ordinairement quatre corps complets de charrues, dont les coutres et les socs sont tournés du côté des grandes roues de l'appareil. Il résulte de cette disposition que, si l'on abaisse l'un des côtés du bâti, les charrues de ce côté entameront le sol, tandis que les charrues du côté opposé seront soulevées au-dessus de terre. A l'extrémité du sillon, on fait basculer la machine sur l'essieu ; les socs soulevés précédemment peuvent attaquer le sol en retournant vers le premier point de départ, tandis que les socs qui travaillaient en venant sont soulevés et sans action pendant le voyage de retour. A l'aide de ce mouvement, qui fait donner à cette machine le nom de *charrue-bascule*, l'appareil fonctionne soit en allant, soit en revenant, et toujours en versant la terre à droite et en faisant un labour à plat.

Un mécanisme aussi simple qu'ingénieux permet au laboureur, assis à l'arrière, en agissant sur le gouvernail *a*, d'incliner plus ou moins l'essieu sur la direction générale de l'instrument et, par conséquent, de le diriger facilement pendant le mouvement de progression que lui imprime le câble moteur dont on parlera dans un instant. L'entrure des charrues se règle aussi avec facilité, même pendant la marche, en soulevant plus ou moins le bâti de la machine sur l'essieu des grandes roues à l'aide des vis à manivelles *b*.

On peut à volonté enlever les versoirs et les coutres, et remplacer les socs par des pièces de formes variées qui transforment l'appareil en charrue sous-sol, en scarificateur ou en extirpateur. M. Fowler construit aussi, pour l'usage de sa machine, un scarificateur à sept dents, d'une grande puissance, mais dont il est inutile de s'occuper ici en détail.

En résumé, on voit que les instruments de culture de M. Fowler sont montés de

manière à pouvoir, par un simple mouvement de bascule, opérer en avançant dans un sens ou dans l'autre. Voici maintenant comment ce mouvement alternatif de progression leur est transmis par l'appareil moteur :

La machine à vapeur de M. Fowler, fig. 2, est une locomobile de 12 à 14 chevaux,

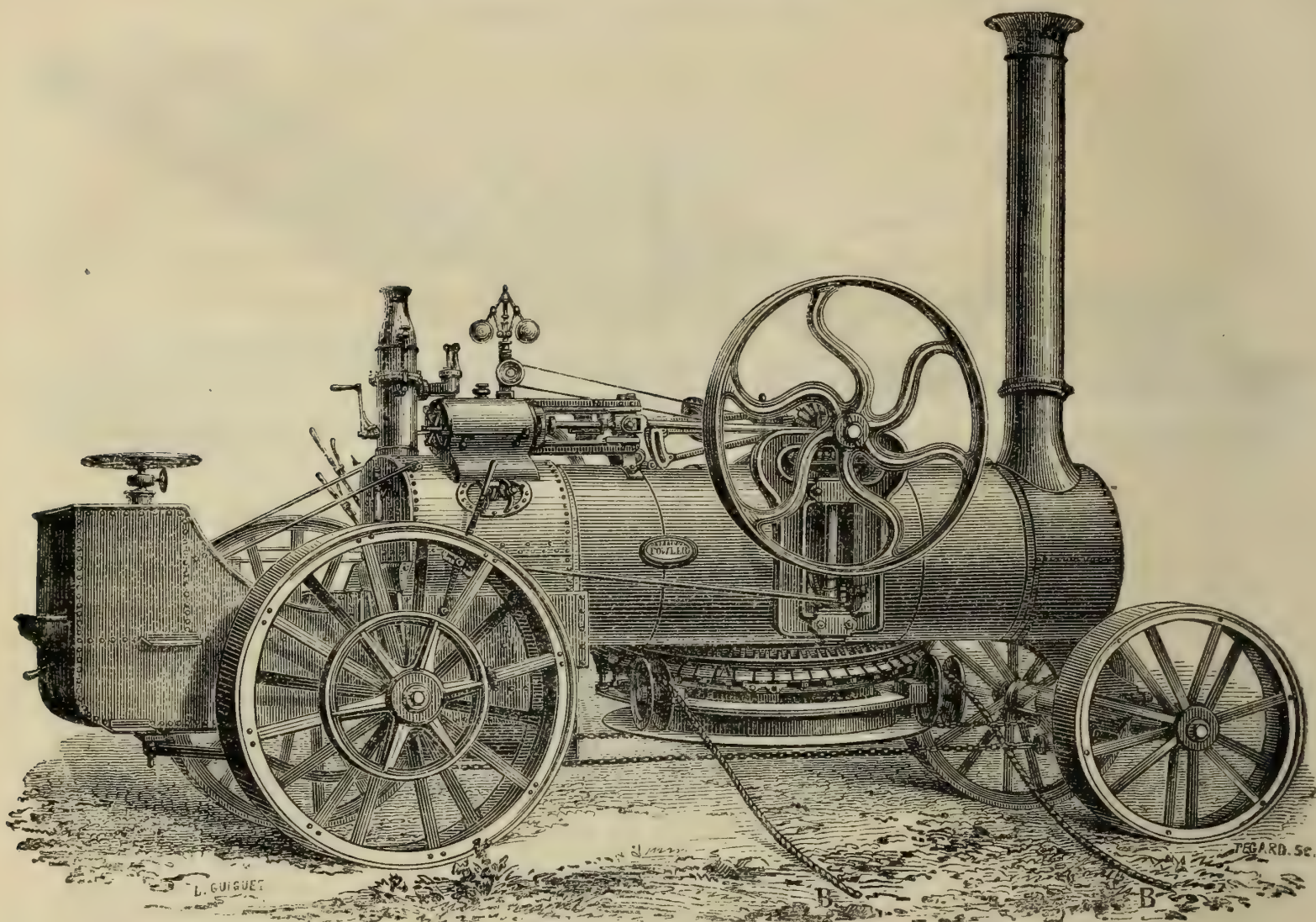


Fig. 2. — Locomobile de M. Fowler pour la culture à vapeur.

à deux cylindres conjugués, avec coulisse de Stephenson, pour le changement de marche et la fixation de la détente. Cette machine peut se mouvoir elle-même sur la surface plus ou moins irrégulière d'une terre arable.

Sous le corps cylindrique de la chaudière, et à une faible hauteur au-dessus du sol, se trouve une poulie horizontale A de 1^m,50 de diamètre environ. Cette poulie peut recevoir de la machine un mouvement de rotation dans un sens ou dans l'autre. Elle constitue, comme on va le voir, le véritable *treuil* moteur de l'appareil.

La locomobile étant placée en A sur l'un des côtés de la pièce à labourer, fig. 3, on dispose en face, sur l'autre côté en B, un appareil appelé *ancree*, formé d'une grande poulie horizontale, portée sur un chariot garni de disques tranchants qui s'enfoncent dans la terre pour assurer la stabilité de l'appareil. Un câble en fil d'acier enveloppe la poulie du treuil et la poulie de l'ancree; ses deux extrémités sont enroulées sur des tambours fixés au bâti de la charrue C préalablement amenée sur la ligne qui joint l'ancree à la locomobile. On comprend facilement, d'après cette disposition, qu'en im-

primant à la poulie motrice de la machine à vapeur un mouvement de rotation dans un certain sens le câble sans fin enroulé sur cette poulie et sur celle de l'ancre en-



Fig. 3. — Disposition générale des appareils de culture à vapeur de M. Fowler.

traîne la charrue de la machine vers l'ancre, et qu'en renversant le sens du mouvement on puisse ramener la charrue de l'ancre à la machine.

On pourra, de cette manière, ouvrir une première série de sillons entre la machine et l'ancre dans toute la largeur du champ. Mais, pour continuer le travail, il faut nécessairement que la machine et l'ancre se déplacent, entre chaque voyage de la charrue, d'une quantité à peu près égale à la largeur labourée à chaque voyage. On a déjà dit que la machine peut se déplacer à volonté : rien de plus simple, par conséquent, que de lui faire exécuter le mouvement nécessaire. Reste donc à déplacer l'ancre, et c'est ce que M. Fowler est parvenu à exécuter, avec la plus grande facilité, par une disposition des plus ingénieuses.

L'arbre de la poulie horizontale de l'ancre, fig. 4, porte un pignon qui commande

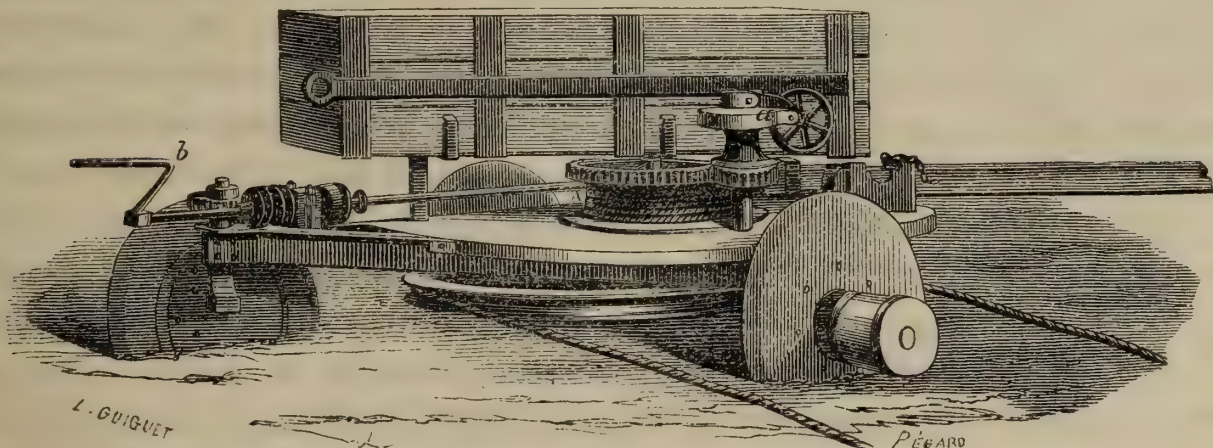


Fig. 4. — Ancre perfectionnée de M. Fowler.

à volonté un treuil A sur lequel s'enroule un petit câble dont l'autre extrémité est attachée à un point fixe situé au bout de la ligne que l'ancre doit parcourir ; l'appareil se remorque donc lui-même sur ce câble, et avance parallèlement à la locomobile elle-même d'une quantité réglée par la durée de l'embrayage du petit treuil et du pignon qui le conduit.

En résumé, une locomobile portant une poulie motrice horizontale peut se mouvoir sur l'un des côtés du champ à labourer ; sur le côté opposé de ce champ, se trouve une poulie de renvoi horizontale portée par un chariot qui peut avancer parallèlement à la locomobile. Un câble sans fin s'enroule sur ces deux poulies, et peut entraîner successivement la charrue à bascule, attelée à l'un de ses brins, de la machine vers l'ancre, et de l'ancre vers la machine, dans toutes les positions que ces deux appareils occupent dans la longueur du champ. Tel est le principe du mouvement général du système de labourage qui nous occupe. Quelques mots sont nécessaires pour expliquer les remarquables dispositions imaginées pour résoudre les problèmes difficiles que présente ce mouvement si simple en apparence.

Revenons à la locomobile. Dans le modèle le plus récent de M. Fowler, les roues d'arrière sont commandées par des engrenages qui leur communiquent le mouvement de rotation nécessaire à la mise en mouvement de ce pesant appareil. Un système de leviers ramenés à l'arrière, à la main du mécanicien, permet d'incliner plus ou moins l'avant-train sur l'axe de la machine et, par conséquent, de la faire tourner à droite ou à gauche, dans des courbes d'assez petit rayon. Dans les anciennes machines de M. Fowler, l'appareil se remorquait lui-même dans le champ, à l'aide d'un treuil et d'un câble fixé à l'extrémité de la ligne à parcourir. Cette disposition, moins élégante, sans doute, que celle actuellement adoptée, présente certains avantages pour les passages difficiles. Il serait bon de se réserver la ressource d'un treuil de halage installé sur la machine pour franchir les pentes trop roides, ou sortir d'une dépression formée, dans un sol très-meuble, par le poids seul de la machine.

Cette modification est d'ailleurs très-secondaire, comparativement au grand perfectionnement apporté à la poulie motrice du câble.

Dans les machines qui ont figuré dans les concours français, cette poulie portait trois gorges parallèles que le câble d'acier, renvoyé sur trois autres poulies accessoires, enveloppait en partie, pour obtenir l'adhérence nécessaire à la transmission de l'effort de traction considérable qu'il exerce sur la charrue. De cet enroulement compliqué du câble sur les gorges de la poulie motrice et des poulies accessoires, résultaient des difficultés et des embarras sans nombre, qu'il est impossible de deviner sans avoir employé soi-même cet appareil défectueux. Malgré l'attention la plus soutenue, le câble tombait quelquefois des gorges des poulies, se nouait dans le mécanisme et s'y brisait. Chacun de ces accidents se traduisait par une perte de temps et par un travail toujours pénible, et souvent dangereux pour les ouvriers. Tous ces inconvénients sont supprimés dans les nouvelles machines de M. Fowler, grâce à une disposition remarquable, et qui certainement trouvera beaucoup d'autres applications.

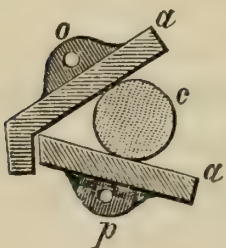


Fig. 5.

La gorge de la poulie motrice est formée, fig. 5, d'une couronne de pièces mobiles a, a' , dont les points de rotation p, o sont disposés sur deux circonférences parallèles de la roue qui forme le corps de cette poulie, comme on le voit en A, fig. 2. Ces pièces mobiles, prises deux à deux, forment de véritables mâchoires d'étau, qui saisissent d'autant plus fortement le câble d'acier c qu'il est tiré plus énergiquement, et qu'il a besoin, par conséquent, d'une adhérence plus

forte. Grâce à ces pièces mobiles, le câble transmet facilement toute la force nécessaire au mouvement de la charrue, en faisant seulement un demi-tour sur la gorge de la poulie motrice. Cet ingénieux mécanisme diminue beaucoup le poids de la machine, supprime des organes très-déliçats, et fait disparaître les embarras inévitables dans les anciens appareils.

Les nouvelles ancrs de M. Fowler (fig. 4, ci-dessus) sont préférables, à plusieurs égards, à celles qui ont figuré dans les concours français. Les disques tranchants sont mieux placés, l'embrayage *a* du petit treuil de halage est plus commode, et le mécanisme *b* à l'aide duquel on peut faire suivre à l'ancre un contour sinueux est plus facile à manœuvrer. Cependant les anciennes ancrs fonctionnent d'une manière satisfaisante, et les personnes qui en ont déjà peuvent les user sans les faire modifier.

Dans ce qui précède, on a dit, pour abrégér, que le câble allait de la charrue à l'ancre, sans donner à cet égard aucune explication. Il convient d'ajouter que, dans cet intervalle, il est supporté, de distance en distance, par des poulies verticales en fonte D (fig. 3 ci-dessus), montées sur de petits chariots légers que des enfants déplacent successivement (1). Sans cette précaution, le câble traînerait sur la terre, s'userait rapidement, et produirait un frottement qui absorberait une force considérable (2).

Il reste à décrire un dernier perfectionnement apporté par M. Fowler à ses appareils, et qui n'a pas, non plus, encore figuré dans les concours français. On a dit précédemment que les extrémités du câble d'acier sont fixées à des tambours montés sur le bâti de la charrue. Ces tambours sont destinés à enrouler une plus ou moins grande longueur de câble, de manière que sa partie libre soit toujours sensiblement égale au double de la distance qui sépare l'ancre de la machine à vapeur, et qu'il soit suffisamment tendu pour ne pas traîner sur le sol. Soit que les côtés du champ ne soient pas parallèles, soit que le câble s'allonge un peu, ce qui arrive souvent quand il est neuf, on est fréquemment obligé d'agir sur les tambours, pour donner au câble la tension voulue. Cette opération se faisait autrefois à la main, pendant les arrêts de la charrue; c'était un travail fatigant pour l'ouvrier, et une perte de temps d'autant plus sensible qu'elle se renouvelait plus souvent. Ce réglage de la tension du câble, condition si essentielle d'un bon travail, se fait automatiquement dans les nouvelles charrues de M. Fowler. Chacun des tambours d'enroulement *c*, *c* (fig. 1 ci-dessus), peut, à son tour, par un mouvement très-simple d'embrayage et de débrayage, commander l'autre, à l'aide d'une chaîne de Galle disposée de manière que le tambour

(1) M. le marquis de Poncins, grand propriétaire dans le département de la Loire, a imaginé dans ces derniers temps, pour remplacer les poulies-supports ordinaires, des tambours à rouleau, qui se placent et se déplacent beaucoup plus facilement et qui semblent appelés à réaliser un véritable progrès dans cette partie des appareils de culture à vapeur.

(2) La traction d'un câble de 411 mètres, pesant 1 kilogramme le mètre courant, sur une terre non labourée, a exigé un effort de 238^k,83. Le même câble, placé sur des supports à poulies, pouvait être entraîné, à la même vitesse, avec un effort de 25^k,84 seulement.

commandé fasse plus de tours que le tambour qui imprime le mouvement. Or le tambour qui commande à chaque voyage est précisément celui sur lequel s'exerce la traction du câble. Il en résulte que, pour chaque tour de câble *déroulé* sur ce tambour, il *s'enroule* plusieurs tours de câble sur l'autre tambour; de sorte que, si le câble est trop lâche, il acquiert, par le fait seul de la mise en marche, la tension nécessaire au bon fonctionnement de tout le système. Ce perfectionnement facilite beaucoup le travail des ouvriers, évite des pertes de temps réitérées, et rend véritablement pratique la charrue de M. Fowler.

La substitution de la poulie motrice à gorge mobile aux poulies à plusieurs gorges des anciennes machines est facile à effectuer, ainsi que le remplacement des anciens tambours de la charrue par les tambours auto-tendeurs. Ce sont deux améliorations qu'on ne saurait trop recommander aux possesseurs d'anciennes machines Fowler(1); les conditions pratiques du travail sont complètement changées, et la dépense de ces réparations serait couverte en moins d'une campagne.

Un dernier point utile à signaler aux constructeurs français, c'est l'emploi du fil d'acier pour les câbles, au lieu du fil de fer, qu'ils emploient trop souvent. Pour une force donnée, on gagne à peu près en poids ce que l'on perd sur le prix plus élevé de la matière, et l'on obtient des câbles plus durables et d'un maniement plus facile. La fabrication proprement dite du câble, avec ses âmes en chanvre, paraît d'ailleurs à peu près la même en France et en Angleterre.

La machine à vapeur de M. Fowler peut servir dans la ferme comme une locomobile ordinaire; mais on comprend qu'il y a un grand intérêt pour le fermier qui possède déjà une machine de ce genre à pouvoir l'employer au labourage, sans être obligé d'acheter un moteur spécial d'un prix fort élevé. D'un autre côté, on ne peut se dissimuler que le déplacement continu d'une machine aussi lourde que la locomobile Fowler avec tous ses accessoires est loin d'être sans inconvénient, soit pour elle-même, soit pour la zone de terre qu'elle parcourt sur le bord du champ, et qu'il faut ordinairement reprendre avec une charrue ordinaire, à moins de circonstances toutes particulières. On conçoit donc qu'il y aurait un grand intérêt à pouvoir conduire une charrue à l'aide d'une locomobile ordinaire installée dans un point facilement accessible, en dehors ou dans un coin du champ à labourer, à côté d'un puits quand cela serait possible, pour éviter les transports d'eau. Aussi la Société royale d'agriculture d'Angleterre, dans tous ses concours, propose-t-elle un prix pour le meilleur système de labour à vapeur propre à remplir les conditions précédentes, à l'aide de machines de moins de 10 chevaux de force. Plusieurs mécaniciens ont cherché à résoudre le problème ainsi posé, et ont obtenu déjà de remarquables résultats. Nous indiquerons d'abord comment M. Fowler utilise une partie des appareils de son invention pour atteindre ce second but.

Une poulie à gorge mobile, semblable à celle dont on a précédemment parlé, est

(1) Il existe en France, à ma connaissance, une douzaine de ces machines.

montée sur un chariot. Cette poulie est mise en mouvement par une locomobile ordinaire, au moyen d'une courroie ou d'un arbre à joint de Cardan. Un débrayage à double roue d'angle, ou tout autre mécanisme analogue, permet de faire tourner la poulie motrice dans un sens ou dans l'autre, sans changer le sens de marche de la locomobile. Cet appareil moteur est placé sur un des côtés du champ à labourer, et un peu en dehors de son périmètre. Deux ancrs analogues à celle dont on a déjà parlé sont placées aux extrémités, du côté opposé à celui où se trouve l'appareil moteur, et disposées de telle manière que chacune d'elles puisse suivre l'un des deux derniers côtés de la pièce. Un câble de fil d'acier enveloppe la poulie motrice, passe sur les poulies de renvoi des ancrs, et vient enrouler ses deux extrémités sur les tambours de la charrue placée entre les deux ancrs. Ce câble, entraîné par la poulie motrice, oblige la charrue à parcourir, tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre, l'espace compris entre les deux ancrs. Celles-ci s'avancant à chaque voyage d'une quantité égale à la largeur labourée pendant ce voyage, on conçoit donc que toute la surface du champ pourra successivement se trouver ainsi travaillée par la charrue. Le câble est d'ailleurs soutenu de distance en distance par les petites poulies à chariot dont on a déjà parlé. Au lieu d'une poulie motrice horizontale, M. Fowler emploie aussi, dans le cas qui nous occupe, un treuil à deux tambours, qui produisent, comme la poulie à gorge mobile, le mouvement de va-et-vient du câble et de la charrue qu'il remorque.

Dans ces derniers temps, M. Fowler a imaginé de relier une locomobile ordinaire à une ancre portant une poulie motrice. Dans son mouvement de progression, l'ancre entraîne la locomobile, et l'on se trouve ramené aux conditions d'installation décrites en premier lieu.

Les dispositions que l'on vient d'indiquer ont l'avantage de ne pas exiger de machine à vapeur spéciale, et de permettre, par conséquent, l'emploi des locomobiles que beaucoup de fermes possèdent déjà. Cependant ce système de labourage ne saurait être économique avec de trop petites machines, et, dans les fermes importantes, il paraît plus avantageux, quant à présent, d'adopter la machine mobile dont il a été parlé d'abord.

Fonctionnement de la charrue à vapeur et prix du travail.

Après ces descriptions générales, il est nécessaire de donner quelques chiffres relatifs aux conditions mécaniques dans lesquelles fonctionnent ces appareils.

Dans les anciennes machines de M. Fowler, dont plusieurs existent en France, la poulie motrice a 1^m,27 de diamètre, et fait un tour quand le volant de la machine à vapeur en fait un peu plus de sept; de sorte que la charrue parcourt de 1^m,20 à 1^m,30 par seconde quand la machine fait de cent trente à cent cinquante tours par minute. Dans les nouvelles machines, la poulie à gorge articulée a 1^m,52 de diamètre, ce qui permet, pour une même vitesse de la charrue, de faire marcher la poulie un peu moins vite. Dans les anciennes machines, en raison des temps perdus pour tendre le câble, des précautions nécessaires pour l'empêcher de tomber des gorges de la poulie,

j'ai souvent remarqué que, dans un champ de 200 mètres environ de largeur, la vitesse moyenne de la charrue, arrêts compris, n'était guère que de 0^m,85 par seconde pour une vitesse en marche de 1^m,30. Grâce aux perfectionnements que l'on a fait connaître, les temps perdus sont beaucoup moindres, et la vitesse moyenne se rapproche beaucoup plus de la vitesse en marche.

Dans une terre plutôt forte que légère, la charrue à quatre socs de M. Fowler, travaillant à une profondeur de 0^m,16 à 0^m,18, y compris le mouvement de l'ancre, de la machine et du câble, absorbe de 11 à 13 chevaux-vapeur.

Les indications précédentes suffiraient, à la rigueur, pour se rendre compte d'une manière approximative de la consommation de l'appareil, de son travail journalier, et, par conséquent, du prix de revient de ce travail. Il ne sera pas inutile cependant, pour mieux fixer les idées, de rapporter quelques résultats d'expériences. On citera d'abord les chiffres obtenus, l'année dernière, au concours de Leeds, avec le grand appareil de M. Fowler, à machine se déplaçant elle-même pendant le travail.

La première expérience eut lieu sur une terre légère qui avait fourni, l'année précédente, une récolte de navets mangés sur place par des moutons. Cette terre n'avait reçu, depuis lors, qu'un léger coup de scarificateur et un hersage pour détruire les mauvaises herbes; elle conservait, par conséquent, toute sa ténacité. Voici comment les juges du concours ont établi le prix de revient, par jour, de l'appareil employé à donner une façon au scarificateur à 0^m,18 de profondeur, et un hersage exécuté en même temps par une herse attachée à côté de l'instrument :

Un homme à l'ancre.	2 f. 90 c.
Un mécanicien.	4 15
Un laboureur.	4 15
Deux enfants pour déplacer les poulies-supports.	3 10
Total pour la main-d'œuvre.	14 30
Approvisionnement d'eau.	5 »
Huile.	1 25
Intérêt du prix d'achat de l'appareil, s'élevant à 20,625 fr., à 5 pour 100 par an, usure et amortissement à 12 1/2 pour 100, ensemble 3,609 fr. 35 c. divisés par deux cents jours de travail par an, ci.	18 05
Charbon brûlé, 860 kilog. à 25 fr. la tonne.	21 75
Dépense totale par jour de travail.	60 35

Dans ces conditions, l'appareil faisait, en dix heures de travail, 3^{hect.},04, ce qui donnait, pour la dépense par hectare, 19 fr. 85 c. Dans un autre essai en terre plus facile, le prix se réduisit à 15 fr. 90 c. par hectare.

Le second essai eut lieu sur un terrain très-lourd et exceptionnellement résistant, à surface inégale, coupée en planches étroites par des sillons profonds, et recouverte d'un gazon de ray-grass et de trèfle qui avait été pâturé par des moutons. Pour bien définir la nature de cette terre, on y fit faire quelques essais avec une charrue de Hornsby attelée à un dynamomètre, et conduite par quatre forts chevaux. Ces essais

montrent si bien la difficulté du travail imposé aux charrues à vapeur, qu'il est utile de reproduire ici les chiffres obtenus.

NUMÉROS D'ORDRE.	LONGUEUR des sillons.	DIMENSIONS du sillon.		TEMPS EMPLOYÉ.	VITESSE PAR HEURE.	PARTIE du champ essayée.	DIRECTION du mouvement.	PENTE moyenne du sol.	TRAVAIL EMPLOYÉ en chevaux-vapeur.
		Profondeur.	Largeur.						
	m.	m.			m.				
1	91 4	0 18	× 0 27	2' 10"	2532	Centre.	En montant.	0 044	3.9
2	91 4	0 18	× 0 27	1' 50"	2991	<i>Id.</i>	En descendant.	<i>Id.</i>	3.3
3	45 7	0 14	× 0 18	0' 50"	3290	Fond.	En montant.	0 007	3.58
4	45 7	0 14	× 0 18	0' 34"	4859	Centre.	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	4.21
5	45 7	0 15	× 0 23	0' 40"	4113	Sommet.	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	2.8
6	45 7	0 15	× 0 23	0' 38"	4329	Centre.	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	3 65
7	45 7	0 15	× 0 23	0' 38"	4329	Fond.	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	5.03
8	45 7	0 18	× 0 27	0' 38"	4570	Sommet.	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	3.89
9	45 7	0 18	× 0 27	0' 36"	4698	Fond.	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	9.4
10	45 7	0 18	× 0 27	0' 35"	4329	Centre.	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	4.68
11	45 7	0 20	× 0 31	0' 38"	4113	Sommet.	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	5.16
12	43 8	0 20	× 0 31	0' 40"	3159	Centre.	En descendant.	<i>Id.</i>	5.55
13	45 7	0 20	× 0 31	0' 50"	3427	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	5.1

La moitié de ce champ fut scarifiée à une profondeur de 0^m,177 à 0^m,203, l'autre moitié fut labourée à la même profondeur. Le travail était irréprochable. Le prix de revient, à l'aide des appareils à vapeur, a été estimé comme il suit :

	Charrue.	Scarificateur.
Main-d'œuvre, usure, intérêt comme ci-dessus. . .	38 f. 75 c.	38 f. 75 c.
Charbon, à 25 fr. la tonne.	17 50	17 30
Dépense totale par jour. . . .	<u>56 25</u>	<u>56 05</u>

La surface labourée en dix heures de travail étant de 2^{hect.},33, et la surface scarifiée dans le même temps de 2^{hect.},53, le prix de revient est de 24 fr. 14 c. par hectare pour la première de ces opérations, et de 22 fr. 11 c. pour la seconde.

Ces chiffres, établis avec beaucoup de soin par les hommes les plus compétents, fournissent de précieux éléments de calcul. En raison de la nouveauté de la question, on nous permettra d'ajouter quelques autres renseignements. J'ai eu l'occasion de voir fonctionner une charrue Fowler chez un fermier qui l'emploie depuis deux ou trois ans. Le nombre des chevaux qu'il entretenait était de seize, il est maintenant réduit à huit. Lorsque la charrue n'est pas occupée sur la ferme, elle laboure à façon

dans le voisinage, à raison de 49 fr. 54 c. par hectare pour deux labours de 0^m,254 de profondeur, exécutés perpendiculairement l'un à l'autre, soit 24 fr. 77 c. par hectare pour chaque labour, chiffre qui, si l'on tient compte du bénéfice de l'entrepreneur, concorde avec le précédent.

Si l'espace le permettait, je reproduirais ici les comptes de dépenses publiés par un grand nombre de fermiers opérant dans des conditions différentes de sol et de cultures, qui, tous, s'accordent à reconnaître que le labourage à vapeur réalise une économie directe considérable, à laquelle s'ajoutent plusieurs avantages indirects importants : la possibilité de profiter plus facilement des meilleurs temps pour le labour, un travail plus parfait, l'avantage de ne pas fouler le sol comme le font les chevaux dans leurs passages réitérés, etc.

Chacun pourrait, d'après les indications qui précèdent et les prix de sa localité, se rendre compte de la dépense journalière d'une charrue Fowler. Pour faciliter les comparaisons, on essayera de présenter ici un prix moyen, plutôt fort que faible, qu'il suffira de modifier dans chaque cas particulier, et de comparer au prix de revient du labour ordinaire dans chaque ferme, pour savoir si l'on peut attendre quelque bénéfice de l'emploi des appareils nouveaux.

Les chiffres suivants sont en partie le résultat d'observations faites en France sur des charrues Fowler de l'ancien système. Le travail journalier serait certainement plus considérable avec les nouveaux appareils, et par conséquent l'évaluation suivante dépassera en général la réalité.

Dépense journalière :

Un mécanicien.	5 fr. 00 c.
Un laboureur.	3 50
Un manœuvre à l'ancre.	2 50
Deux enfants pour les poulies-supports.	2 50
Charbon, 650 kilog. à 45 fr. la tonne, rendu sur place.	29 25
Eau.	mémoire.
Intérêt du capital à 5 pour 100, entretien et amortissement à 13 pour 100, ensemble 18 pour 100 sur 22,000 fr., soit 3,960 fr., ou par jour sur deux cents jours de travail.	18 80
Total.	<u>61 55</u>

Suivant la profondeur du labour et la résistance du sol, on fera par journée de dix heures, y compris les déplacements d'une pièce à l'autre, au moins de 2^{hect.},8 à 3^{hect.},5 et quelquefois plus. De sorte que le prix du labour à une profondeur de 0^m,15 à 0^m,25 variera de 17 fr. 58 c. à 21 fr. 98 c. environ par hectare, prix auquel il convient d'ajouter l'approvisionnement d'eau, qui change naturellement beaucoup avec la distance, mais auquel un homme et un cheval suffisent facilement dans les conditions ordinaires. En portant cette dépense à 5 francs par jour, on aurait encore à ajouter de 1 fr. 40 c. à 1 fr. 80 c. par hectare aux prix précédents. Cette dépense

serait d'ailleurs à peu près nulle dans une ferme disposée pour le labourage à vapeur, et dans laquelle on établirait des puits ou des réservoirs économiques dans chaque pièce de terre.

Les chiffres qui précèdent, on le répète encore, peuvent varier beaucoup d'un lieu à l'autre, et je les présente seulement comme exemple; mais ils doivent dépasser un peu la moyenne. Au prix actuel du travail des chevaux, on reconnaîtra facilement, en comptant bien, que, dans beaucoup de parties de la France, le prix du labour de l'hectare, par les moyens ordinaires, dépasse très-notablement le prix du labour à vapeur. On doit ajouter encore que la locomobile peut être utilisée dans la ferme lorsqu'elle ne laboure pas, et que l'intérêt et l'amortissement du capital, au lieu d'être reportés sur deux cents jours de travail, comme nous l'avons fait, le seraient en réalité sur deux cent cinquante à trois cents jours dans une exploitation bien administrée.

Le prix de revient avec l'appareil à machine fixe serait relativement un peu plus élevé, parce que le personnel est au moins aussi nombreux, et que le travail fait serait un peu moindre, en raison de la moindre force de la machine.

M. Fowler, comme on vient de le voir, a résolu le problème du labourage à vapeur. On peut espérer encore de grandes simplifications, des économies notables; mais, dès à présent, ses appareils sont pratiques et présentent, dans beaucoup de circonstances, des avantages marqués sur les procédés ordinaires. C'est le fait agricole le plus considérable que l'Exposition de 1862 ait donné l'occasion de constater.

Charrue à vapeur de Howard.

Un autre constructeur, le plus grand fabricant de charrues de l'Angleterre, M. Howard, s'occupe aussi avec succès du labourage à vapeur. Considérés dans leur ensemble, ses appareils actuels sont inférieurs à ceux de M. Fowler, mais ils présentent des parties excellentes que lui emprunteront certainement quelques-uns des cultivateurs qui emploieront les premiers en France le labourage à vapeur.

M. Howard s'est proposé d'effectuer le labourage à l'aide d'une locomobile placée dans l'un des angles ou un peu en dehors de la pièce à labourer. Ce moteur, à l'aide d'une courroie ou d'un joint de Cardan d'une construction nouvelle, commande alternativement l'un ou l'autre des deux tambours indépendants montés sur un chariot, qui constituent le treuil moteur de l'appareil de labourage.

Le câble en fil d'acier part de l'un des tambours, passe sur des poulies de renvoi horizontales placées aux angles de la pièce et autres points d'inflexion, et revient au second tambour. De petites poulies verticales montées sur de légers chariots supportent le câble de distance en distance pour l'empêcher de frotter sur le sol. Quand un des tambours est commandé par la machine et que le câble s'enroule à sa surface, le second tambour tourne librement en sens contraire et laisse dérouler le câble. Réciproquement, lorsque, par un débrayage convenable, le second tambour est commandé par la machine, le câble s'enroule sur sa circonférence et se déroule du premier tam-

bour, devenu libre à son tour. On comprend, d'après cela, que, si l'appareil de labourage est attaché à un point du câble situé entre deux poulies de renvoi placées aux extrémités d'un côté de la pièce, il pourra se trouver conduit successivement de la première poulie vers la seconde, puis de celle-ci vers la première. Si, après chaque course de l'instrument de labourage, on déplace les poulies de renvoi, parallèlement à elles-mêmes, d'une quantité égale à la largeur labourée, on pourra successivement travailler toutes les parties de la pièce, comme nous l'avons indiqué déjà pour d'autres appareils.

Un mécanisme très-simple, composé de deux poulies et de deux galets horizontaux, est placé un peu en avant du treuil moteur pour assurer l'enroulement et le déroulement réguliers du câble.

M. Howard emploie principalement, comme instrument de labour, un scarificateur très-puissant, monté sur quatre roues, et pouvant travailler en avançant dans un sens ou dans l'autre, sans être retourné. Cet appareil fonctionne bien et laisse la terre convenablement préparée, quand il a passé successivement sur le sol dans deux directions perpendiculaires.

La charrue présentée par M. Howard l'année dernière, au concours de Leeds, donnait lieu à plusieurs observations : il l'a profondément modifiée depuis lors. L'appareil exposé cette année paraît beaucoup plus satisfaisant ; je l'ai vu fonctionner, mais trop peu de temps pour l'apprécier complètement. Son habile constructeur ne manquera pas, d'ailleurs, d'y apporter toutes les améliorations dont la pratique lui fera reconnaître l'utilité.

Les ancrs des deux poulies de renvoi mobiles, dans le système de M. Howard, se déplacent à bras d'homme. C'est un travail pénible qui exige, pour chaque ancre, un ouvrier soigneux et très-robuste.

La manœuvre de l'appareil que l'on vient de décrire exige un mécanicien, un ouvrier au treuil, un laboureur, deux manœuvres aux ancrs et deux enfants, non compris le service de l'approvisionnement de l'eau. Ce renseignement suffit pour comparer approximativement le prix de revient du travail à celui obtenu avec les appareils précédents.

Dans les diverses machines que l'on vient de décrire, le laboureur élève un drapeau qu'il tient à la main pour avertir le mécanicien qu'il faut arrêter la machine ou la remettre en marche. Le mécanicien est donc constamment obligé de regarder le laboureur pour obéir à son premier signal. C'est une sujétion fatigante et qui n'est pas sans dangers, car un instant d'inattention suffit pour causer des avaries, si la charrue n'est pas arrêtée exactement à la fin de sa course. D'ailleurs, les brouillards, les temps sombres et certaines formes de terrain rendent impossible la vue du signal. Rien ne serait plus simple que de faire disparaître cet inconvénient, notamment dans l'appareil de M. Howard. Il suffirait de mettre un fil électrique isolé dans l'âme du câble. Ce fil, à la volonté du laboureur, qui n'aurait qu'à presser un bouton, transmettrait le signal au mécanicien à l'aide d'une sonnette, ou même pourrait agir sur un embrayage de M. Achard, qui arrêterait ou qui mettrait en marche la machine à vapeur. On ferait

ainsi disparaître une cause fréquente de perte de temps et d'accidents. Le mécanicien, de son côté, débarrassé d'une préoccupation très-fatigante, reporterait tous ses soins sur la conduite et le chauffage de la machine, au grand profit de l'économie du combustible et de l'entretien de l'appareil.

Le labourage à l'aide des forces mécaniques est pour ainsi dire à son début, et cependant les plus grandes difficultés sont vaincues. On prévoit déjà de grands perfectionnements, et peut-être le temps n'est-il pas éloigné où l'on pourra, dans le voisinage des cours d'eau, employer au travail de la terre des moteurs bien plus économiques que la vapeur, grâce aux ingénieux procédés de transmission à grande distance des forces hydrauliques par l'air comprimé, ou les câbles de M. Hirn.

Un grand nombre d'autres inventeurs ou constructeurs s'occupent, en Angleterre, du labourage à vapeur. Parmi ces nombreux essais il suffira de signaler le treuil moteur fixe de M. E. Hayes, qui offre quelques dispositions ingénieuses. Les autres machines que j'ai eu l'occasion d'étudier ne présentent, en réalité, aucune idée d'une certaine valeur qui ne soit beaucoup mieux réalisée dans les machines de M. Fowler ou de M. Howard.

N'ayant pas de documents officiels, je m'abstiendrai d'indiquer le nombre des charrues à vapeur qui fonctionnent maintenant en Angleterre, mais on peut affirmer que ce nombre est déjà considérable. Il est vivement à désirer que les agriculteurs français se préoccupent de cette question plus activement qu'ils ne l'ont fait jusqu'à présent.

Un concours solennel de charrues à vapeur, annoncé longtemps à l'avance, serait une des mesures les plus simples et les plus efficaces pour appeler l'attention publique sur ce sujet. Le succès de nos concours spéciaux de machines à moissonner est un sûr garant de l'utilité de l'essai que nous proposons en terminant cet examen (1).

FABRICATION DU PAPIER.

SUR L'APPLICATION DE L'ALFA OU SPARTE DANS LA FABRICATION DU PAPIER,
PAR M. JULES BARSE.

L'alfa (2) croît sans culture, en grande abondance, dans les terrains les moins

(1) Le concours international de Lille, qui va s'ouvrir, répond en partie à ce vœu.

(2) Alfa, alfaa, sparte, *macrochloa tenacissima*, *lygeum spartum*, *stipa tenacissima*, plante de la famille des graminées, haute de 0^m,50 à 1 mètre, se présentant en touffes chevelues, portées par une souche vivace, qui dépasse à peine le niveau du sol. Les tiges sont dressées et grêles, articulées séparément sur la souche. Elles sont plates, longues, très-étroites, dures et prennent la forme cylindrique du junc vers l'époque de la maturité. Lieux de production : Espagne, Attique, nord de l'Afrique ; terrains siliceux et ferrugineux secs, depuis le niveau de la mer jusque près des cimes des montagnes.

propres à toute exploitation agricole, sur une grande étendue du sol de l'Algérie. Par une récolte régulière on améliore les conditions de qualité et de quantité des feuilles ; abandonnée à elle-même, la plante ne meurt pas. La souche vivace sur laquelle des feuilles mûres sont restées n'en produira pas moins de nouvelles feuilles ; il n'est pas rare de rencontrer sur la même souche des pousses de trois années successives. Cultivée ou non, cette plante, par sa vigoureuse constitution, doit être classée au premier rang des végétaux auxquels l'industrie demande des matières premières d'une récolte assurée.

L'industrie, la science avaient pressenti depuis longtemps l'avenir réservé à l'alfa, dans le cas où l'on parviendrait à extraire économiquement la fibre exceptionnelle qu'il renferme. Malgré les efforts d'un grand nombre d'hommes laborieux, instruits, persévérants, l'alfa n'est pas encore marchandise commerciale, régulièrement demandée et acceptée dans une industrie autre que celle de la *sparterie*. Cependant la papeterie recherche avec empressement tout ce qui peut la rassurer contre la disette ou le renchérissement de ses matières premières. Pourquoi l'alfa n'est-il pas admis dans ses usines ? Parce que les inventeurs et les fabricants ont cru souvent pouvoir aborder l'emploi de l'alfa, avant que la question de procédés pratiques fût mûre ; bien des espérances sont tombées devant le prix de revient de fabrication d'après des systèmes dont aucun, pris isolément, n'était, j'ose le dire, assez complet pour réaliser un succès. Mais si, sans prétendre créer un monopole, on recueille dans les travaux antérieurs, avec une sagacité suffisante pour retenir ce qui est bon, écarter ce qui est mauvais ; si à cette somme d'éléments rapprochés on ajoute le fruit d'expériences nouvelles ; si, surtout, on est aidé par le puissant patronage de l'Administration, on peut faire appel du jugement rendu antérieurement bien des fois et ramener la conviction dans l'esprit des hommes qui savent que l'industrie progresse tous les jours. Tel a été le but vers lequel j'ai concentré tous mes efforts.

I.

Situation topographique, superficie, récolte, aménagements, moyens de transport, régime à introduire dans l'exploitation commerciale.

Dans l'Algérie, et notamment dans la province d'Oran, l'alfa alterne avec le palmier nain, le lentisque, l'asphodèle et la scille, sur tous les terrains qui n'ont pas été défrichés. Sur les sols dont la base est l'élément calcaire, le palmier nain et les asphodèles sont en prédominance ; sur les sols pierreux, dans lesquels la silice et le fer remplacent l'alumine et la chaux, l'alfa croît en touffes pressées, vigoureuses depuis la plaine jusqu'aux crêtes, à l'exclusion toutefois des points culminants des chaînes de montagnes. Les communes de Mers-el-Kébir, Aïn-el-Turk, Bouzefer, à l'ouest d'Oran ; de Saint-Cloud, Fleurus, Kristel (montagne des Lions), Saint-Louis, Arzew, à l'est ; la forêt de Muley-Ismael, la Macta, dans la direction de Mostaganem ; les versants nord

des montagnes qui bordent au midi les plaines du Zig et de l'Hobra sont des localités favorables actuellement à l'exploitation et sont suffisamment pourvus pour correspondre aux besoins de l'industrie française. En concentrant les forces et les capitaux sur le littoral de cette province, on les place dans le voisinage des routes déjà terminées et de celles qui seront livrées à la circulation dans un délai rapproché. Les ports d'Arzew, d'Oran, de Mers-el-Kébir; les lieux d'embarquement pour balancelles, d'Aïn-el-Turk, Bouzefer, embouchure de la Macta, sont autant de points où des dépôts des récoltes peuvent être établis; chacune de ces localités correspond à un centre de population, ferme, village ou ville, sous la protection régulière et efficace des administrations civiles et militaires. Les tribus arabes sont en rapports journaliers avec les Français : cet élément, réuni aux Espagnols, aux Marocains, etc., qui composent la population plus ou moins flottante de la contrée, formera des ouvriers pour la récolte de l'alfa dès qu'une entreprise sérieuse, digne de confiance, aura fonctionné pendant plus d'une année.

A quelle époque de l'année et dans quelles conditions de maturité la récolte doit-elle être faite ?

A l'état sauvage, une touffe d'alfa se présente avec des feuilles desséchées sur pied, des feuilles parvenues à maturité et encore pleines de verdure, enfin de jeunes pousses tendres, non encore enroulées sur elles-mêmes. En considérant la plante dans cet état, on pourrait admettre que la récolte peut être faite en tout temps, attendu qu'à une époque quelconque de l'année il y a sur la touffe des brins convenables pour la papeterie. Mais, si l'alfa est soumis à une exploitation raisonnée et régulière, les choses changent; si l'on a pris, comme en Espagne, le soin d'arracher tous les brins secs morts sur pied; si l'on a récolté tous les brins parvenus à maturité, si on n'a laissé que les jeunes pousses, alors la plante est en pleine culture et la récolte devient annuelle; elle doit se faire à époque fixe. Faut-il, comme en Espagne, où l'alfa est destiné à la fabrication des cordages, des tresses, des tapis, attendre que l'épi soit déjà mûr et que les feuilles commencent à jaunir ? Doit-on, au contraire, saisir le moment où les feuilles, parfaitement enroulées, ne se rouvrent plus sous l'influence alternative de la lumière et de l'humidité, sans tenir compte de l'état de l'épi, mûr ou non ?

Au point de vue de la papeterie, l'analyse chimique de la plante éclaire la question : la feuille mûre a fixé dans ses éléments constitutifs de la silice et du fer, très-difficilement attaquables par les agents chimiques; la cuisson, le blanchiment, la conversion en fibres ne peuvent être obtenus qu'au détriment de la quantité et de la qualité de la pâte. La feuille, verte encore, quoique arrivée à son accroissement complet, est plus facile à la cuisson; ses fibres se désagrègent sous l'influence d'agents moins énergiques; la silice et le fer, qui fixent les matières colorantes jaune et rouge dans la fibre, s'éliminent, pour ainsi dire, en même temps que la gomme-résine qui soude les fibres entre elles; les collets, analogues aux nœuds de la paille des céréales, sont encore assez tendres pour ne pas exiger que la cuisson, pour être suffisante à leur égard, ait été trop prolongée et compromettante à l'égard des feuilles. Donc, on

doit conclure que la récolte doit être faite en vert, mais aussi près de la maturité que possible, sans attendre cette dernière. Je dis *aussi près que possible de la maturité*, parce que la feuille trop verte produit des fibres translucides et, par suite, un papier analogue au papier dit *végétal*; d'un autre côté, le déchet est d'autant plus grand que la feuille est moins mûre. Il y a donc, relativement à l'alfa, une pratique à introduire, comme cela a été fait pour le chanvre, pour le lin, qu'on récolte au point de vue du fil, en sacrifiant la graine. Le lin et le chanvre, cultivés pour graine, ont perdu leur qualité sous le rapport du fil, précisément parce qu'ils sont parvenus à complète maturité sur pied.

La cueillette de l'alfa doit être faite à la main : la faucille doit être expressément bannie; elle laisse sur la touffe des tronçons de feuilles qui obstruent les collets reproducteurs, et compromet ainsi les récoltes suivantes. L'ouvrier tient à la main gauche un bout de bâton de 2 à 3 centimètres de diamètre et de 40 centimètres environ de longueur; de la main droite il saisit une poignée de feuilles d'alfa, il l'enroule sur son bâton par un tour de main; il tire en même temps sur le bâton de la main gauche et sur la poignée de feuilles qu'il n'a pas quittée de la main droite : toutes les feuilles se détachent ensemble de la souche par le collet articulé. La main droite porte cette poignée sous le bras gauche; les deux mains sont libres; l'ouvrier fait ainsi deux, trois ou quatre poignées, suivant sa force, et celles-ci, réunies sous le bras, constituent une *manada*, qui est liée immédiatement par l'ouvrier lui-même ou par des enfants qui le suivent à cet effet. Les botillons sont disposés sur place pour le séchage, qui s'effectue en une huitaine de jours.

Un homme habile peut, dit-on, récolter 200 kilog. d'alfa vert dans sa journée. Je n'ai pas rencontré cette sorte d'ouvriers. Les opérations que nous avons fait faire en Algérie, conjointement avec M. Cruzel, ont été entreprises avec tous les éléments d'autorité sur nos travailleurs et d'encouragements pour leurs efforts : d'une part, nous avons eu des Espagnols et des Marocains, réputés les plus habiles à ce genre de travail; d'autre part, M. le général commandant la province nous avait accordé une trentaine de zouaves, sous les ordres de leurs sous-officiers, avec mission de constater officiellement combien chaque homme déterminé à bien faire produirait, dans les premiers jours d'apprentissage d'abord, puis dans les semaines suivantes. Nous avons ainsi bonne volonté, émulation, surveillance : le rendement journalier par homme en alfa vert a été, en moyenne, de 100 kilog. Du vert au sec, l'alfa perd 40 pour 100. Le travail d'un homme correspond ainsi à 60 kilog. d'alfa sec par jour. Telle est la base sur laquelle il faut compter en pratique d'exploitation commerciale.

Les botillons desséchés dans le champ sont réunis en bottes et transportés au port d'embarquement.

Le volume de l'alfa, dans cet état naturel, est considérable et constitue une marchandise encombrante pour les navires, quoique sa densité réelle soit élevée : en effet, un kilog. d'alfa immergé dans l'eau déplace 1,165 grammes de liquide seulement; ce qui donne 0,858 pour l'alfa, l'eau étant 1,000. Mais, en bottes ordinaires, un mètre cube d'espace ne renferme que 212 kilog. d'alfa, et le tonneau maritime de 1^m,44 cube

contient 305 kilog. : dans cet état il exige donc trois tonneaux maritimes d'espace pour 1,000 kilog.

En Algérie, nous avons obtenu l'autorisation de traiter l'alfa par le système des presses Poncet, qui desservent l'administration militaire. Les caisses des presses cubant 1^m,40 étaient uniformément remplies par 297 à 300 kilog. d'alfa disposés avec soin : la presse rendait une balle de 870 à 880 décimètres cubes. En cet état, la marine peut recevoir à peine 500 kilog. d'alfa par tonneau d'espace.

A Paris, avant mon départ pour l'Algérie, M. Cruzel, qui devait partager avec moi les études à faire, avait fait construire et mis à ma disposition une presse hydraulique de première puissance et disposée d'une manière toute spéciale pour la compression et la ligature de l'alfa. Cette presse n'a pas pu nous être expédiée en temps utile à Oran, mais à Paris elle a servi à des expériences très-précises et pratiques. Les balles sortent de cet instrument à l'état cylindrique, avec un diamètre de 60 centimètres sur une longueur de 85; elles cubent 320 décimètres et pèsent 180 kilog. On peut donc arrimer 800 kilog d'alfa par tonneau maritime : chaque presse de ce genre rend deux balles pressées à l'heure. Réduit à ce volume, l'alfa n'est plus une marchandise encombrante ; il se charge d'une manière commode et donne au navire son centre de gravité normal sans surcroît de lest. La forme cylindrique des balles facilite les mouvements qu'elles doivent subir jusqu'à destination.

Jusqu'à ce jour l'alfa, considéré comme matière encombrante, a été placé, dans les tarifs de chemins de fer, dans une classe élevée : le commerce ne peut user de cette voie de transport qu'en payant 8 centimes par kilomètre et par tonne, à moins d'avoir recours à un emballage, ce qui ne restreint le prix qu'à 6 centimes. Or la raison d'être de ce tarif n'existe pas pour les balles soumises aux presses du système adopté par M. Cruzel et moi : ces balles sont cerclées en fer, ne sont exposées à aucune avarie, n'engagent en rien d'extraordinaire la responsabilité des compagnies; leur arrimage, leur poids cubique, leur forme les rendent analogues aux matières premières du transport le plus facile.

Pour résumer cette première partie de mon rapport, je vais présenter l'état des frais auxquels donnent lieu les diverses manutentions de l'alfa, depuis l'instant de sa séparation de la souche mère jusqu'à son arrivée en France, à portée des usines.

1° Récolte en avril, mai et juin, à raison de 60 kilog. d'alfa sec, par jour et par ouvrier payé à 2 francs, soit pour 100 kilog.	3 ^f 33 ^c .
2° Séchage sur le champ et transport du champ à la route.	0 75
3° Transport de la route au port.	1 »
4° Pressage et mise en balles cerclées, à 4,000 kilog. par jour et par presse desservie par quatre hommes et deux enfants.	» 50
5° Cercles en feuillard de fer, 3 kilog. et rivets.	1 85
6° Transport des presses au navire.	» 35
7° Frais des chefs d'ouvriers, loyers, entretien du matériel, assurance contre l'incendie.	» 50
8° Fret du port d'embarquement au port d'arrivée, soit le Havre.	4 50
9° Assurance maritime.	» 30
10° Bénéfice du négociant et intérêt du capital, à 10 pour 100 sur les sommes ci-dessus.	1 30
Coût de 100 kilog. d'alfa rendus au port du Havre.	14 38

II.

Opérations techniques ; conversion de l'alfa en papier.

Examiné chimiquement, au point de vue de la papeterie, l'alfa se compose de cellulose injectée de matière gommo-résineuse, de silice, de chaux et de fer : les matériaux incrustants sont combinés entre eux de telle manière qu'on ne peut pas espérer d'en isoler les fibres textiles par une ébullition prolongée dans l'eau simple. Les silicates et la résine, qui forment l'épiderme des feuilles, résistent même à l'action dissolvante de l'alcool et de l'éther. Il faut avoir recours aux agents caustiques, chaux, soude, potasse, ammoniacque, associés à l'eau en ébullition ou à la pression de la vapeur d'eau, pour désagréger la plante. Le collet qui soudait la feuille sur la souche, analogue au nœud de paille de céréales, résiste beaucoup plus longtemps que le reste de la tige à la cuisson et au lessivage. De là résulte la nécessité de fractionner la plante en une partie portant le collet, laquelle subira une cuisson spéciale, et une autre partie comprenant les tiges, qui recevra une cuisson moins forte. En opérant par fractionnements, on gagne du temps et surtout du poids au rendement en papier. Ceux qui ont agi sur la plante entière ont réduit en particules perdues avec les eaux de lessive une grande quantité de fibres tendres, pour vouloir donner aux fibres dures le temps de cuisson utile.

L'alfa, convenablement cuit et lessivé, conserve la ténacité suffisante pour être défilé en étoupes longues, souples, faciles à désagréger. Par le lavage, on en retire une matière colorante jaune, soluble dans les agents alcalins. Cette matière jaune n'est pas celle qui fait le principal obstacle au blanchiment : il reste dans les étoupes une autre matière colorante qui, sous l'influence combinée du chlore et des lessives caustiques, deviendra soluble également et qui sera éliminée par les eaux de lavage auxquelles elle donnera l'aspect d'un ruisseau de sang. C'est surtout à la manifestation de cette réaction intéressante qu'il faut apporter tous ses soins : tant que l'alfa n'a pas rendu sa teinture rouge, il ne blanchit pas. Les chlorures lui font prendre une couleur de bois de noyer, et les bains d'acides, après les chlorures, laissent les étoupes à l'état de matière gris verdâtre, tout au plus dignes d'entrer dans la fabrication des papiers bulles. Je ne parle pas des procédés qui produisent de la pâte blanche quand même, à force de réactifs et de temps ; ils sont, ou du moins ont été impraticables commercialement. Ceux qui n'ont pas commencé par l'élimination des teintures jaune et rouge ont agi sur l'alfa par des lessives corrosives, par des doses de chlorure également destructives ; ils ont pu obtenir des pâtes blanches, mais le déchet ou le prix de revient se traduit par des chiffres effrayants ; il en est tout autrement quand on suit la méthode rationnelle du blanchiment par élimination successive des deux matières colorantes.

D'après mes expériences, le déchet normal de l'alfa se constitue de la manière suivante :

Matière colorante jaune.	12 »	}	26,500
Matière colorante rouge.	6 »		
Gomme-résine.	7 »		
Sels formant les cendres d'alfa.	1,500		
Fibres à papier.			73,500
			100 »

Le déchet théorique de 26,500 ne peut, il est vrai, que s'évaluer suivant les soins et le discernement apportés au dosage des agents chimiques et des manipulations de lavage. Il est bon, néanmoins, de connaître la limite exacte à laquelle la perfection peut faire arriver l'opérateur.

L'analyse des cendres conduit au dosage des agents caustiques nécessaires pour les lessivages de la plante brute.

J'ai obtenu sur 100 kilog. d'alfa des cendres pesant 1,51.

De ces cendres j'ai extrait :

1. Par l'ébullition dans l'eau simple.	{	Soude.	0,110
		Acide sulfurique.	0,090
		Acide chlorhydrique.	0,030
2. Par l'ébullition dans l'eau régale du résidu laissé par l'eau.	{	Chaux.	0,200
		Acide sulfurique.	0,285
		Oxyde de fer Fe ² O ³	0,045
3. En fondant avec de la soude le résidu laissé par l'eau régale.	{	Oxyde de fer.	0,324
		Silice.	0,326
			1,510

En somme, il y a, dans 100 kilog. d'alfa, 1^k,510 de sels incrustants silicatés et ferrugineux, plus 7 kilog. de gomme; en tout 8^k,510 de matières à attaquer pour en dégager les fibres. En admettant que les silicates exigent une dose d'alcali triple de leur poids pour devenir solubles; que la résine, pour passer à l'état de savon, nécessite poids pour poids de soude caustique, il faut, en théorie, traiter 100 kilog. de plantes par 2^k,250 d'alcali et par 7 kilog. de terre caustique.

En pratique, il faut considérer le degré de température et de pression auquel on fait agir les lessives, afin d'augmenter ou diminuer les proportions théoriques. Ainsi, dans les usines de Gueures et de Valvernier, en opérant dans des chaudières à air libre, à la température de 100 degrés, les lessives à double dose théorique nous ont laissé la plante mal désagrégée, après vingt-quatre heures de cuisson. A Mont-Saint-Guibert, où l'on opérait dans des bouilleurs rotatifs, à une température de 140° et sous une pression manométrique de 4 atmosphères, nous avons brûlé la plante et détruit toute sa cohésion dans des lessives à dose seulement théorique, même inférieure, et après vingt, douze, six heures de cuisson. Il y a donc, suivant les appareils, une étude très-soigneuse à faire pour conserver à l'alfa toute sa valeur en rendement et en solidité. La plante est-elle plus ou moins verte? La pression est-elle plus ou moins élevée? Voilà surtout deux considérations qui doivent faire varier la quantité des caustiques et la durée du temps de cuisson. Maintenant, opère-t-on sans pression

dans des chaudières à lessive dormante ? Opère-t-on dans des appareils à courant de lessive alternativement montant et descendant à travers les plantes ? Encore des modifications dans les dosages que la pratique seule fait trouver, et qui sont essentielles.

Nous avons admis jusqu'ici que le lessivage est opéré sur l'alfa simplement coupé en quatre ou cinq parties : on arrive très-bien ainsi ; mais je dois faire mention d'un appareil fort ingénieux, que son auteur, M. Edmond Bertin, a fait fonctionner pour mes expériences. Dans la machine de M. Bertin, on présente l'alfa, dans le sens de sa longueur, sous un rouleau qui, dans sa rotation, l'entraîne méthodiquement sous des cylindres où la tige s'écrase, premièrement d'un bout à l'autre, mais sans se déchirer. De ces premiers cylindres l'alfa passe entre des tables articulées, qui jouissent de deux mouvements combinés : le premier mouvement fait avancer la plante dans le sens de sa longueur, comme les premiers cylindres ; le second mouvement, perpendiculaire à l'autre, roule le brin d'alfa sur lui-même pendant qu'il avance, et le défile entre des cannelures sans le déchirer non plus. L'alfa qui sort de ce broyage en long et en travers est en étoupes filamenteuses, admirablement préparées à recevoir la cuisson et le lessivage, sans qu'il soit besoin de pression et de fortes doses d'agents caustiques. Je crois que la machine Bertin est appelée à faire partie du mobilier des usines à plantes textiles. Elle économise les frais de réactifs, le temps de cuisson, et supprime le broyage aux cylindres laveurs.

Pour la fabrication des papiers *écrus*, le système de broyage aux meules verticales, organisé à Valvernier, donne des résultats que nul autre, peut-être, ne pourrait atteindre ; célérité, homogénéité de la pâte, simplicité d'opération et de main-d'œuvre, annulation du déchet, tels sont les avantages de ce système. Pour les pâtes blanches, la question change : la meule Valvernier ne fait pas d'étoupes, elle rend de la pâte qui va directement aux raffineuses et qui ne pourrait être conduite au gaz ; il faut, pour que le gaz agisse, qu'il puisse se tamiser à travers des étoupes spongieuses, perméables, sans difficulté. Sans cette condition, il n'opère pas ou opère à demi. Donc, pour les pâtes blanches, il faut en revenir aux cylindres à platines et à lames peu tranchantes et *laminer* l'alfa plutôt que le broyer : des étoupes bien faites, une bonne réaction au chlore gazeux, une élimination complète de la matière colorante rouge, enfin un dernier lessivage chloruré et acidulé, tels sont les moyens pratiques de la transformation des plantes fibreuses *neuves* en pâte à papier.

Ces moyens sont-ils assez économiques pour que le papier, à qualité égale, ne coûte pas plus cher avec l'alfa qu'avec le chiffon estimé au prix moyen des cinq dernières années ? Avant de poser des chiffres en réponse à ce sujet, qu'il me soit permis de donner mon opinion sur certaines idées émises à propos des plantes textiles. On dit : « l'alfa, le diss, etc..., au lieu d'être envoyés à l'état brut aux fabricants, doivent être traités sur le lieu de la récolte, jusqu'à leur transformation en pâte ou en demi-pâte. On laisse ainsi le déchet sur place, on n'expédie que de la marchandise utile ; donc c'est vers l'organisation d'usines à pâtes qu'il faut tourner ses regards. Certaines personnes, dit-on, espèrent même pouvoir réaliser des économies sur le prix du papier, en

faisant, en France, des pâtes au moyen de plantes d'Algérie ou d'Espagne, pour livrer ces pâtes aux fabricants de papier proprement dits. »

Mes expériences m'ont donné la conviction que voici : l'alfa est plus volumineux en pâte qu'en feuilles brutes. On peut condenser, comme le fait M. Cruzel, 800 kilog. d'alfa naturel dans l'espace cube de 1^m,44, tonneau maritime. On ne peut condenser 500 à 600 kil. de pâte sous le même volume qu'à la condition de la presser à l'état humide et de la presser tellement qu'elle se prenne en masse comme un pain de carton. Or, si la pâte est humide, l'eau qu'elle conservera augmentera son poids au moins d'une quantité égale, sinon supérieure au déchet que doit donner la plante naturelle ; si la pâte est sèche, elle est inacceptable par la papeterie, parce qu'elle ne peut parvenir à la ramener, de l'état de carton à l'état de pâte, sans un outillage spécial et sans une main-d'œuvre coûteuse.

Admettons que cette première objection soit mal fondée, quoiqu'elle soit sérieuse auprès de plusieurs fabricants notables, qui ont bien voulu se prêter à l'essai de pâtes préparées en dehors de leurs usines ; je crois pouvoir affirmer, d'accord en cela avec plusieurs chefs de fabrique, que si d'une part on prend de la pâte blanche, telle que la rend le cylindre laveur, pour la faire couler directement dans la raffineuse, puis dans les cuves, puis sur la toile de la machine, et enfin l'emmagasiner à l'état de papier sec, émargé, débité en largeur par le couteau circulaire et débité en longueur par le diamètre donné au rouleau collecteur, on aura mieux et plus économiquement opéré que d'autre part, en prenant cette même pâte au sortir du même cylindre laveur pour la faire écouler dans les égouttoirs, puis la faire sécher, soit à la presse, soit de toute autre manière, puis l'emballer assez convenablement pour que les avaries du transport n'altèrent pas sa qualité ; enfin la faire à une nouvelle usine. Dans le premier cas, le papier est fini, il est rendu à la salle ; dans le second cas, la pâte est arrivée aux magasins à chiffons, rien de plus. Il faudra la faire défiler à nouveau, la faire laver sans doute, peut-être lui donner un tiers ou un quart de blanchiment avant de la rendre aux raffineuses. Je considère donc comme fausse manœuvre, en principe, cette séparation d'une usine en deux ; on double les frais généraux, les frais de négociation, d'emballage, d'intérêts du capital, de transit, de camionnage, pour offrir aux papetiers une marchandise, bonne c'est possible, mais que l'usinier n'aura pas vu faire, dont il ne pourra pas répondre consciencieusement et qui, en coûtant plus cher que la plante brute, ne lui économise presque aucun appareil, aucune main-d'œuvre. L'alfa est d'un prix obligé trop élevé, dès maintenant, pour couvrir toute superfétation ou fausse direction dans son emploi.

Mais, si l'idée des usines à pâte est impraticable, il n'en serait pas de même d'un atelier de rouissage avant la compression. L'alfa encore vert céderait à la fermentation sa résine et une grande partie de ses matières colorantes. Ses fibres ramollies, puis desséchées, recevraient la pression avec plus de facilité, et le fabricant de papier trouverait une très-grande économie à substituer l'alfa roui à l'alfa brut. Mais actuellement, en Algérie, pas plus qu'en Espagne, la rareté des eaux dans le voisinage des alfas rend difficile cette application.

J'aborde maintenant l'examen comparatif des prix du papier alfa et papier chiffon : dans la première partie de ce mémoire, nous avons laissé la plante rendue dans le port du Havre, ou analogue, au prix de fr. 14,38 par 100 kilog. Dans un autre paragraphe, nous avons estimé *théoriquement* le déchet de la plante brute au papier à 26,50 sur 100 : suivant ce calcul, 100 kilog. d'alfa rendraient 73^k,50 de papier et 136 kilog. de plante 100 kilog. de papier. 136 kilog. d'alfa à fr. 14,38 grèvent le papier de la somme de fr. 19,55, du chef de la matière première prise au Havre. Or le chiffon du prix de fr. 19,55 n'est pas de qualité supérieure ; le vieux cordage, plus ou moins goudronné, vaut 24 à 28 fr. (1). Le chiffon de fr. 19, fil, laine, coton de toutes couleurs et mêlé (tandis que le déchet de l'alfa a été compris dans notre calcul et se trouve nul), fait un déchet de 30 à 45 pour 100, suivant le degré de blancheur auquel on le porte, en moyenne, 37 pour 100. Donc 100 kilog. de papier chiffon coûteront, du chef de la matière première, 137 kilog. à fr. 19,55, soit 26 fr. 78. Si nous prenons les états de fabrication des papeteries dans leurs errements actuels, nous trouverons, pour le papier dit journal, que la matière première figure pour la somme de fr. 32 minimum, et jusqu'à fr. 54 dans quelques-unes.

Passant de la théorie à la pratique, et sans commettre d'indiscrétion sur les opérations des usines dans lesquelles j'ai fait de larges expériences, avec le concours d'un directeur habile, nous avons vu l'alfa à son début, sans modifications d'appareils, de réactifs et d'ouvriers, rivaliser avantageusement avec les matières premières habituellement employées dans ces fabriques, même avec la paille pour les papiers d'enveloppe les plus communs. Or, dans les frais de fabrication, nous avons fait entrer l'alfa à l'état brut, déchet non compris, à raison de fr. 14 les 100 kilog. Donc la pratique a vérifié deux choses : le déchet pratique correspond au déchet théorique tout au plus, et les manipulations diverses sur l'alfa ne sont pas plus coûteuses que sur les matières rivales. En somme, les résultats ont été en faveur de l'alfa dans l'ensemble de la fabrication et ont déterminé la conclusion de marchés à livrer importants.

Dans l'édification du prix de 140 fr. par 1,000 kilog. d'alfa rendus au port du Havre, j'ai fait tous mes efforts pour éliminer tous les faux frais auxquels donne lieu une opération commerciale prise à son début. Jusqu'aujourd'hui, en effet, le prix de 14 fr. n'a pas été réalisable par un négociant sérieux, quoiqu'il ait fait l'entreprise avec ses capitaux personnels et qu'il ait tout dirigé par lui-même. M. Cruzel, resté en Algérie après l'accomplissement de mes études qu'il avait partagées, appuyé et aidé avec le plus complet empressement par les administrations civiles et militaires, pour la continuation de notre œuvre commune, a fait et fait faire sous ses yeux, sans intermédiaires, par navires complets, les premières expéditions destinées à encourager la papeterie française à adopter l'usage de l'alfa. Les évaluations diverses de manutention ont pu être contrôlées par chaque administration, dans la sphère de son concours aux expériences. Eh bien ! pour ne pas solliciter l'industrie par des apparences de bénéfices illusoires, il faut admettre le prix de 140 fr. comme limite de l'extrême dans une

(1) Aujourd'hui 34 à 35 francs.

exploitation régulière et économique : encore faut-il que le fret de 45 fr. pour 1,000 kilog. puisse être conservé.

En résumé : oui, l'Algérie peut offrir à la papeterie française la matière première que lui rendent nécessaires les modifications douanières internationales, accomplies par le progrès.

Oui, l'usage de l'alfa permet à la papeterie de suivre la progression décroissante du prix des objets de première nécessité, sans compromettre l'économie de sa constitution.

Oui, la récolte organisée de l'alfa en Algérie est un élément de travail, dans les mois de chômage surtout, pour un grand nombre de colons.

Oui, le négoce de l'alfa peut devenir tel que, d'une part, le bien-être des communes et des individus dans les provinces exploitées, de l'autre les besoins d'une industrie qui craint pour ses approvisionnements, et enfin le mouvement commercial des ports algériens, éprouveront avant peu une satisfaction réelle.

(*Tableau de la situation des établissements français dans l'Algérie.*)

ENGRAIS.

NOTICE SUR LES GUANOS DU COMMERCE, PAR M. J. GIRARDIN, DOYEN DE LA FACULTÉ
DES SCIENCES DE LILLE.

De tous les engrais commerciaux, le *guano* est un des plus actifs. En raison de sa forme pulvérulente et de son peu de volume qui permet d'en transporter sur les champs la quantité nécessaire avec une grande économie de temps et de main-d'œuvre, c'est aussi celui dont l'emploi est le plus commode.

Son usage s'est donc rapidement généralisé dans la culture européenne, surtout dans les contrées où, comme en Flandre, on fait de la culture intensive.

Malheureusement, il s'est introduit dans le commerce de cet engrais des fraudes de toute nature. Non-seulement on substitue aux guanos du Pérou, les premiers connus et adoptés par les fermiers européens, des guanos de toute provenance, qui leur sont bien inférieurs en qualité, mais encore on a profité de l'état pulvérulent des premiers pour y associer de la terre à brique, des argiles jaunes et brunes, de la craie, des plâtres purs, des sciures de bois durs, des graviers, des poils, des débris de tannerie, du sel marin, du sable; on fait encore mieux : on a vendu sous le nom de *guano* des matières qui n'en sont pas.

Les cultivateurs qui acceptent de confiance les engrais que le commerce leur propose, qui achètent, comme on dit, *chat en poche*, s'exposent à perdre de l'argent en payant la marchandise bien au-dessus de sa valeur; mais, en outre, ils courent les chances d'avoir de fort mauvaises récoltes. Ce qu'il y a de plus grave, c'est que ce n'est qu'à la fin de la saison qu'ils s'aperçoivent, par les tristes résultats de leurs cul-

tures, qu'ils ont été trompés. Or rien ne peut compenser ce temps perdu ; car, en agriculture surtout, le temps est un capital peut-être encore plus précieux que l'argent déboursé, il ne faut pas l'oublier.

Il y a bien longtemps que je cherche à mettre nos fermiers en garde contre leur propre insouciance à l'endroit des engrais qu'ils achètent. Je mets de la persistance à cet égard, et c'est encore en vue de leurs intérêts que je vais leur raconter ce que l'expérience m'a appris à propos du commerce des guanos.

Je dirai tout d'abord qu'il y a, presque toujours, des variations énormes dans la composition des guanos de provenances différentes, suivant qu'ils sont avariés ou dans un bon état de conservation, qu'ils proviennent de localités sèches ou humides, etc. En voilà la preuve par le tableau ci-joint qui indique les quantités variables des trois principes les plus actifs des guanos, à savoir l'azote, les phosphates et la potasse.

GUANOS.	AZOTE.	PHOSPHATE.	POTASSE.	AUTORITÉS.
Angamos du Pérou (de formation contemporaine)	16,92	18, 5	»	Way.
Blanc de Bolivie.	14,58	28 »	1 »	J. Girardin.
Du Pérou (moyenne de 32 échantillons).	14,33	24,10	»	Way.
Du Pérou (moyenne de 15 échantillons).	14,20	26,28	»	Nesbit.
Du Pérou (moyenne d'un grand nombre d'échantillons)	12 »	24 »	2,5 à 3	J. Girardin.
D'Ichaboë (moyenne de 11 échantillons).	6 »	30, 3	»	Way.
Du Chili (moyenne de plusieurs échantillons)	2,74	37, 2	2 »	J. Girardin.
De Patagonie (moyenne de 14 échantillons)	2,09	44, 6	»	Way.
Idem.	1,63	27, 8	0,61	J. Girardin.
De la baie de Saldanha (moyenne de 30 échantillons)	1,35	56, 4	»	Way.
Des îles Galapagos (Équateur)	0, 7	60, 3	»	Boussingault
Des îles Jarvis et Baker (océan Pacifique).	0,32	82,27	»	Barral.
Idem.	0,374	79 »	»	J. Girardin.

On peut partager, comme on le voit, les guanos en deux groupes distincts : les *guanos ammoniacaux*, tels que ceux du Pérou et de la Bolivie, dans lesquels il y a beaucoup de matières organiques azotées et de sels ammoniacaux tout formés ; et les *guanos terreux* (Chili, Afrique, Patagonie, Équateur, îles de Jarvis et Baker, etc.), qui sont caractérisés par leur richesse en phosphate et leur pauvreté en matières organiques azotées et en sels ammoniacaux.

« Ces derniers guanos, quoi qu'on ait dit en leur faveur, ne sauraient, dit M. Boussingault, avoir des qualités et, par conséquent, la valeur d'un guano ammoniacal dans lequel il entre, indépendamment de l'acide phosphorique, de l'acide immédiatement assimilable par les plantes. Je n'en conteste pas moins leur faculté fertilisante. Je crois, d'ailleurs, qu'il serait facile de les rendre *ammoniacaux*, en mettant à profit la propriété qu'ils possèdent, quand ils sont secs et en poudre, d'ab-

« sorber 0,10 à 0,15 de solutions aqueuses de sulfate d'ammoniaque ou d'azotate de
« soude, sans cesser d'être pulvérulents. Il semble, d'ailleurs, évident que les guanos
« terreux et les guanos ammoniacaux ont une même origine : les déjections et les dé-
« pouilles des animaux de mer. La disparition de l'ammoniaque, dans les premiers,
« est due probablement à des circonstances locales, telles que l'abondance et la fré-
« quence des pluies, qui favorisent naturellement la décomposition des matières or-
« ganiques ou la dissolution des sels à base d'ammoniaque. »

Puisque les guanos livrés au commerce offrent une si grande diversité dans leur composition, on doit comprendre quelles déceptions attendent les cultivateurs qui substituent indifféremment l'une de ces matières à l'autre pour l'engraisement de leurs terres. Il est évident que celui qui emploierait le guano terreux aux mêmes doses que les guanos du Pérou n'obtiendrait aucun des effets énergiques que ceux-ci produisent. Il en est donc aujourd'hui du guano comme du noir de raffinerie, ce qui n'avait pas lieu il y a quelques années, alors qu'on ne connaissait que le guano du Pérou.

Ce dernier ne présente presque pas de variations dans sa composition, quand il a été conservé avec soin ; c'est une matière, pour ainsi dire, bien définie. On sait que dans 100 kilog. de véritable guano du Pérou il y a, en moyenne, 12 kilog. d'azote, dont près de la moitié est à l'état de sels ammoniacaux ; 24 kilog. de phosphate de chaux ; 2 et demi à 3 kilog. de potasse.

Avec de bon guano du Pérou, on est sûr, à l'avance, des résultats qu'on obtiendra en l'employant à la dose de 400 kilog. à l'hectare. Mais avec ces prétendus guanos, qu'on va ramasser dans toutes les îles du nouveau monde, et qui ne sont, pour la plupart, que de la terre mélangée à quelques rares excréments d'oiseaux, on ne peut compter sur rien, puisque leur composition chimique est excessivement variable, et que fort souvent ils ne contiennent que des traces insignifiantes d'azote et de sels ammoniacaux.

Voici quelques calculs bien simples, qui vont démontrer clairement les pertes auxquelles s'exposent les cultivateurs qui achètent des guanos autres que ceux du Pérou.

Je l'ai dit précédemment, le bon guano du Pérou opère bien à la dose de 400 kilog. à l'hectare. Son azote-engrais (12 kilog. en moyenne sur 100 kilog.) vaut $12 \times 1 \text{ f. } 65 \text{ c.}$ (prix du kilog. d'azote dans le fumier) = 19 f. 80 c. Mais, pour avoir la véritable valeur agricole du guano, il faut tenir compte, comme pour le fumier de ferme, et de l'azote et du phosphate de chaux.

100 kilog. de guano contenant :

12 kilog. d'azote à 1 f. 65 c.	19 f. 80 c.
24 kilog. de phosphate de chaux à 0 f. 15 c.	3 60
Les 100 kilog. de ce guano ont donc une valeur de	23 40

Le prix de la fumure d'un hectare serait alors de $28 \text{ f. } 40 \text{ c.} \times 4 = 93 \text{ f. } 60 \text{ c.}$ En réalité, ce prix est beaucoup plus élevé, car les marchands vendent le guano à un prix de beaucoup supérieur à sa valeur réelle. Ce prix est de 36 à 40 fr. ; ce qui met la fu-

mure annuelle de l'hectare entre 144 et 160 fr., prix bien plus élevé que celui de la fumure avec le fumier de ferme, qui n'est que de 66 fr. De sorte que, tandis que le kilogramme d'azote ne coûte que 1 fr. 65 c. avec le fumier de ferme, il coûte de 3 fr. à 3 fr. 33 c. avec le guano du Pérou.

Mais ce serait bien autre chose si on prenait un des derniers guanos du tableau ; soit, par exemple, celui de la baie de Saldanha. Ce guano n'ayant fourni à l'analyse que 1 kilog. d'azote et 56^k,4 de phosphate de chaux pour 100, sa valeur réelle n'est que de 1^k,35 d'azote à 1 fr. 65 c. 2 f. 23 c.
56^k,4 de phosphate de chaux à 0 fr. 15 c. 8 46

Valeur de 100 kilog. de ce guano. 10 69

Or, comme ce guano est habituellement vendu entre 25 et 27 fr. les 100 kilog., cela met le kilog. d'azote à 22 ou 24 fr. Et, comme pour équivaloir, sous le rapport de l'azote, à 400 kilog. de guano du Pérou, il faudrait 1,125 kilog. du premier, il en résulte qu'avec celui-ci la fumure de l'hectare reviendrait à 281 fr. et même à 303 fr. Ces chiffres en disent plus que les meilleurs raisonnements.

Il est assez facile, au reste, de distinguer le guano véritable du Pérou de tous ceux qui n'en sont pas. Voici, en effet, quels sont ses caractères distinctifs :

1° Il est en poudre sèche, d'une couleur jaune pâle ou de café au lait ; mais il devient d'une nuance chocolat en vieillissant ou lorsqu'il est exposé à l'air ; il absorbe, en outre, dans ce dernier cas, beaucoup d'humidité, devient plus lourd et colle aux doigts ;

2° Il exhale une odeur forte, putride ou ammoniacale qui provoque l'éternuement ;

3° Il a une saveur piquante très-prononcée ;

4° Il offre, dans sa masse, de nombreuses concrétions blanchâtres, demi-dures, que l'on peut écraser entre les doigts, et qui, exposées à l'air, ne tardent pas à se déliter et à tomber en poussière, en exhalant une odeur ammoniacale très-vive ;

5° Jeté dans l'eau, le guano péruvien gagne rapidement le fond et ne laisse rien surnager : — l'hectolitre pèse en moyenne 93 kilog. ;

6° Lorsqu'on le chauffe sur une lame mince de fer, il se boursoufle beaucoup, noircit, brûle avec une flamme légère, en produisant une forte vapeur ammoniacale : le résidu qu'il laisse est sous la forme d'une scorie caverneuse, d'un blanc faiblement azuré : le poids de ce résidu ne varie qu'entre des limites fort rapprochées, 27,5 à 35 pour 100 ;

7° Trituré avec de la chaux vive en poudre, il répand immédiatement une forte odeur ammoniacale ;

8° Lorsqu'on le jette dans un verre contenant une dissolution concentrée de chlorure de chaux, il donne lieu aussitôt à un dégagement de bulles qui continue pendant assez longtemps ;

9° Jeté dans l'acide chlorhydrique, il ne produit qu'une légère effervescence ;

10° Mis à bouillir avec de l'eau, il donne une liqueur qui, filtrée et évaporée à siccité dans une capsule de porcelaine, fournit un résidu auquel quelques gouttes

d'acide azotique communiquent par la chaleur une belle couleur rouge; cette couleur devient encore plus vive et plus foncée en faisant arriver des vapeurs ammoniacales sur ce résidu.

Enfin ce guano ne contient que fort rarement des cailloux siliceux, et il renferme seulement 1 à 1 1/2 de sable; le maximum est de 2 1/2 à 3 pour 100.

Cet ensemble de caractères permet aisément de distinguer le guano du Pérou du guano des autres provenances, car ces derniers présentent des différences tranchées, sinon dans toutes, au moins dans plusieurs de leurs propriétés.

Ainsi, par exemple, les *guanos phosphatés* de la Patagonie, du Labrador, de l'Équateur, des îles Jarvis et Baker, etc., ont une couleur brune foncée, une saveur terreuse, une odeur peu ou moins ammoniacale, alors même qu'on les triture avec de la chaux, parce qu'ils ne contiennent que des traces d'ammoniaque toute formée.

Depuis que je vérifie les engrais, j'ai trouvé bien des échantillons de guanos du Pérou de bonne qualité; mais il m'en a été soumis un bon nombre qui ont été ou altérés par leur trop longue conservation dans des magasins humides, ou fraudés par des additions; d'autres encore étaient vendus sans leur véritable nom d'origine et présentés comme venant du Pérou.

Les bons guanos ne doivent pas tenir pour plus de 12 à 13 pour 100 d'eau. Il faut donc considérer comme fraude ou avarie toute proportion d'eau supérieure à celle-ci; et, quand on achète des guanos *humides* ou *mouillés*, il convient de défalquer du prix de vente le nombre de kilogrammes de guano à 14 pour 100 d'eau qui se trouvent remplacés par de l'eau en excès.

On voit, par ces documents, combien il est important que le cultivateur, avant d'acheter un guano, en fasse l'essai, ou s'il ne peut s'y livrer lui-même, faute d'habitude, en confie l'examen à un chimiste.

(*Bulletin de la Société industrielle d'Angers.*)

CHIMIE MÉTALLURGIQUE.

DE L'ACTION DE L'ACIDE SULFURIQUE SUR LE PLOMB, PAR MM. F. C. CALVERT ET R. JOHNSON.

« On considère généralement les métaux comme des corps d'autant moins attaqués par les acides qu'ils sont plus purs; les fabricants font donc tous leurs efforts pour livrer au commerce des métaux de plus en plus épurés. Cette tendance devait surtout se faire sentir dans les fonderies de plomb, puisque, tout en purifiant le plomb et en lui donnant par suite une plus grande valeur commerciale, le fabricant en retire l'argent, qu'il a tout intérêt à enlever le plus complètement possible.

« C'est ainsi que les fabricants de produits chimiques ont maintenant à leur disposition et emploient, pour la construction de leurs chambres de plomb destinées à la préparation de l'acide sulfurique, des plombs d'une pureté beaucoup plus grande

que ceux qui existaient exclusivement dans le commerce il y a une dizaine d'années.

« Seulement on aurait dû examiner d'abord si ce fait généralement admis, que les métaux sont d'autant moins attaquables qu'ils sont plus purs, » est vrai en pratique, quand on prend le cas particulier du plomb, et jusqu'à ce moment nous ne connaissons aucune expérience faite sur ce sujet.

« Nous avons donc pensé qu'il serait intéressant au point de vue scientifique, et très-utile au point de vue pratique, d'étudier l'action des agents acides, et plus spécialement celle de l'acide sulfurique, sur quelques-unes des espèces de plomb que l'on trouve dans le commerce, et qui, comme chacun le sait, sont employées en si grande quantité pour construire ou plutôt revêtir les immenses appareils, appelés chambres de plomb, dans lesquels on fabrique l'acide sulfurique.

« Nous avons, dans ce but, institué une série d'expériences dans lesquelles nous avons fait agir de l'acide sulfurique à divers degrés de concentration, à un état de pureté plus ou moins grand, en volumes différents, pendant des temps variables et sous des températures différentes, sur deux espèces de plomb du commerce, en prenant pour types à peu près les deux extrêmes au point de vue de la pureté; l'un, portant le nom de plomb commun (*common lead, sheet lead*), nous représente le plomb ordinaire; l'autre, appelé plomb vierge (*virgin lead*), est à peu près ce que l'on peut trouver de plus pur dans le commerce, comme le montrent, du reste, les chiffres suivants, qui représentent la composition en centièmes d'un échantillon de chacun des plombs précédents sur lesquels nous avons opéré :

	Plomb commun.	Plomb vierge.
Plomb.	98.8175	99.2060
Étain.	0.3955	0.0120
Fer.	0.3604	0.3246
Cuivre.	0.4026	0.4374
Zinc.	Traces.	Traces.
	99.9760	99.9800

« En même temps ayant préparé une assez grande quantité de plomb chimiquement pur, nous avons répété sur lui et simultanément toutes les expériences faites avec les deux espèces commerciales, et, disons-le immédiatement, après avoir répété chacune des séries d'expériences trois et quatre fois, nous avons toujours eu des résultats concordants et qui tous nous mènent à cette conclusion opposée à l'opinion préconçue, à savoir « que le plomb, en présence de l'acide sulfurique, dans quelque condition que l'on se place, est toujours d'autant plus attaqué qu'il est plus pur, » et cela dans des proportions quelquefois très-grandes du simple au double et même au triple.

« C'est ainsi qu'en faisant agir sur une surface de 1 mètre carré de chacun des différents plombs, à la température ambiante variant de 18 à 20°, un même volume de 16 litres d'acide sulfurique parfaitement pur et à des densités différentes, on trouve qu'au bout de dix jours les quantités de plomb dissoutes ou plutôt enlevées à l'état de sulfate de plomb sont les suivantes :

DENSITÉ DE L'ACIDE sulfurique employé.	PLOMB COMMUN.	PLOMB VIERGE.	PLOMB PUR.
1,842 66° Baumé.	^{gr.} 67,70	^{gr.} 134,20	^{gr.} 201,70
1,705 60° Baumé.	8,35	16,50	19,70
1,600 56° Baumé.	5,55	10,34	16,20
1,526 50° Baumé.	2,17	4,34	6,84

« Nos recherches, comme nous l'avons déjà dit, n'ont pas seulement porté sur l'action de l'acide sulfurique pur et à froid, nous avons voulu varier le plus possible les conditions de nos expériences; c'est pourquoi, après avoir essayé l'acide sulfurique encore pur, mais cette fois sous l'action d'une température de 50° environ, nous avons employé des acides impurs, ou très-étendus et contenant encore des vapeurs nitreuses, c'est-à-dire de l'acide sulfurique tel qu'il sort des chambres de plomb mêmes, ou bien plus concentrés, ayant déjà subi une première évaporation dans les vases de plomb ouverts, dans lesquels, dans l'industrie, on commence la concentration de cet acide.

« Le tableau qui suit indique les résultats que nous avons obtenus dans deux séries d'expériences avec un acide de cette dernière sorte, agissant pendant quinze jours, à une température variant de 48 à 50°, sous un volume de 16 litres, sur une surface de plomb de 1 mètre carré.

ACIDE PROVENANT DES VASES de plomb dans lesquels on commence sa concentration dans l'industrie.	PLOMB COMMUN.	PLOMB VIERGE.	PLOMB PUR.
	Quantités de plomb transformées en sulfate.		
Densité 1,746	I. ^{gr.} 49,67	I. ^{gr.} 50,84	I. ^{gr.} 55,00
	II. 51,91	II. 54,75	II. 57,41

« Outre la nature de l'acide employé, nous avons fait varier toutes les autres conditions de l'expérience, c'est-à-dire le volume de l'acide, la surface de métal soumise à l'action de l'acide, la durée de l'action, la température, etc., etc., et dans tous les cas nous avons eu des résultats numériques indiquant une attaque de plomb d'autant plus grande que celui-ci était plus pur. »

(*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences.*)

GAZ D'ÉCLAIRAGE.

LE VOISINAGE D'UN INCENDIE PEUT-IL DÉTERMINER L'EXPLOSION D'UN GAZOMÈTRE ?

PAR M. THOMAS W. KEATES.

Dernièrement un incendie s'étant déclaré tout près d'une des plus importantes usines à gaz de Londres, le bruit se répandit dans tout le quartier que, si le feu venait à atteindre les gazomètres qui sont constamment en charge, il déterminerait une explosion épouvantable. Aussitôt l'alarme donnée, plusieurs des habitants qui se croyaient les plus exposés se sont empressés de quitter leur demeure. Au milieu de la foule qui s'amassait dans les rues avoisinantes, les opinions les plus sinistres se propageaient avec la rapidité qu'on connaît, tantôt mettant en danger le dôme de Saint-Paul et tantôt prédisant la destruction du pont de Blackfriars. La peur ne raisonne pas, et, lorsqu'elle s'empare de la foule, elle peut amener quelquefois les plus dangereuses conséquences.

En présence de ces craintes, qu'on serait tenté d'appeler absurdes si elles ne trouvaient leur excuse dans l'ignorance de la foule, il est important de redresser les idées erronées qui les ont fait naître, et cela dans l'intérêt des compagnies à gaz aussi bien que dans celui du public. Pour arriver à ce but, il n'y a qu'un moyen, c'est de faire connaître la nature des agents et des forces qui sont en jeu dans la question, de manière que tout le monde soit à même de s'en rendre compte et que les terreurs déraisonnables qu'engendre et entretient l'ignorance cèdent devant l'explication rationnelle des lois physiques et chimiques qui régissent la matière. En conséquence, les deux questions suivantes doivent être étudiées :

1° Examen du gaz au point de vue de l'explosion ;

2° Examen de la possibilité de la formation de mélanges explosifs de gaz, dans le cas où le feu d'un incendie viendrait à atteindre un gazomètre.

1^{re} question. — Rappelons d'abord que la réunion des différents corps gazeux qui constitue le gaz d'éclairage n'est pas explosive par elle-même, bien qu'elle soit éminemment inflammable. Lorsqu'on l'allume, le gaz de houille brûle avec la plus grande rapidité, en produisant une flamme très-élevée et en déterminant une quantité de chaleur considérable ; mais, dans ce phénomène, il n'y a pas plus tendance à se produire d'explosion que lorsqu'on fait simplement brûler dans un fourneau du charbon de terre ou toute autre matière combustible. Parmi les éléments constitutifs du gaz, les uns ne peuvent prendre feu qu'à de très-hautes températures, tandis que les autres s'enflamment à la chaleur rouge ; néanmoins la température la plus basse à laquelle l'un de ces éléments pourra prendre feu doit être considérée comme celle de l'inflammation de tout le mélange et peut être par conséquent le rouge. Lorsque le gaz de houille brûle à l'air, il va sans dire que la combustion se fait aux dépens de l'oxygène atmosphérique qui se combine avec le carbone et avec l'hydrogène. Ce phénomène

étant nécessairement limité à la surface seule qui enveloppe la flamme, il s'ensuit que l'oxydation ne se produit que graduellement et qu'il faut un certain temps pour mettre successivement en contact avec l'oxygène les atomes combustibles du gaz; il y a donc là combustion et non explosion. Pour qu'il y ait oxydation complète, il faut que le gaz se combine avec deux fois et demie environ son volume d'oxygène, ce qui représente au moins 12 volumes d'air atmosphérique. Mais, si avant que le gaz ne soit allumé, la quantité voulue d'oxygène ou d'air vient à être mélangée avec lui, si ensuite on produit l'inflammation par un moyen quelconque, la combustion ne s'opère plus graduellement comme elle a lieu lorsqu'on allume du gaz non mélangé. En effet, chaque atome combustible ayant immédiatement à sa portée la proportion d'oxygène qui lui est nécessaire pour brûler, la combinaison se fait instantanément dans toute la masse du mélange gazeux, et il en résulte une violente explosion. Ainsi il est bien entendu que, pour qu'il y ait explosion, il est indispensable qu'avant l'inflammation une quantité suffisante d'oxygène se mélange au gaz; sans ce mélange préalable, le phénomène ne peut avoir lieu.

On sait que sir H. Davy s'est beaucoup occupé de cette question, et l'on doit se rappeler que, par des expériences extrêmement intéressantes sur l'hydrogène proto-carboné (*light carburetted hydrogen*), il a démontré que ce gaz, éminemment explosif, ne produit sa plus forte détonation qu'autant qu'il est mélangé avec à peu près sept fois son volume d'air atmosphérique. En thèse générale, on a reconnu que le mélange le plus explosif de gaz de houille était celui dans lequel se trouvaient 8 à 9 volumes d'air; mais, comme on l'a déjà dit, il faut que le mélange existe avant l'inflammation; autrement, si le gaz seul est allumé, quelque rapide que puisse être l'alimentation de l'air, il ne se produira qu'une plus grande activité dans la combustion et aucune explosion n'aura lieu. Pour qu'un mélange soit explosif, il faut que le gaz y entre dans une proportion volumétrique variant de 7 à 25 pour 100; au-dessus ou au-dessous de cette quantité, il brûle tranquillement sans courir le risque de faire explosion. Cela bien établi, si l'on considère les gazomètres, on reconnaîtra que le gaz qui y est emmagasiné est une matière, il est vrai essentiellement inflammable, mais qui, même lorsqu'elle brûle, n'a par elle-même aucune tendance à faire explosion et ne peut être amenée à détoner qu'autant que sa constitution normale vient à être changée par un mélange préalable avec l'oxygène de l'air.

Un mot sur l'expansibilité du gaz ou sa propension à se dilater sous l'influence de la chaleur, car cette propriété, qu'il possède à un plus ou moins haut degré comme tous les autres corps, se rattache à la première question que nous examinons. Or, lorsqu'on chauffe le gaz, son volume augmente, par chaque degré du thermomètre de Fahrenheit, d'une quantité égale à $\frac{1}{480}$ du volume qu'il occupe à 32° (0° C). Ainsi, en supposant un volume de gaz de 480 pouces cubes ($7^{\text{déc.3}},865$) à 32°, il sera de 481 ($7^{\text{déc.3}},880$) à 33° (0°,56 C), de 482 ($7^{\text{d. 3}},898$) à 34° (1°,11 C), et ainsi de suite.

En résumé, les propriétés du gaz d'éclairage qui sont en jeu dans la question relative à l'explosion des gazomètres sont : sa conductibilité, la possibilité qu'il offre de

former des mélanges explosifs avec l'oxygène ou avec l'air atmosphérique et sa tendance à augmenter de volume sous l'action d'une température croissante.

2^e question. — Il reste maintenant à examiner jusqu'à quel point des flammes ou toute autre source de chaleur venant à se trouver en contact extérieur avec un gazomètre pourraient avoir sur le gaz emmagasiné une influence capable de déterminer une explosion, ainsi que quelques personnes en ont répandu le bruit.

Le réservoir qu'on appelle gazomètre est un appareil bien approprié au rôle qu'il est chargé de remplir, celui d'approvisionner le gaz et de le préserver de tout mélange avec l'air extérieur. Or, en examinant la construction de cet appareil, on reconnaît qu'un tel mélange n'est pas possible dans les circonstances ordinaires. La cloche cylindrique, qui est, on le sait, en tôle épaisse, est disposée au milieu d'une solide charpente en fer, de manière à ne pouvoir se mouvoir que dans le sens vertical le long de plusieurs tiges lui servant de guides et à rester, pendant ses oscillations, constamment immergée par sa base dans une cuve remplie d'eau. C'est grâce à ces dispositions qu'il est possible d'emmagasiner le gaz sous la cloche, et, comme celle-ci n'est pas suspendue, tantôt elle s'élève en vertu de la force élastique du gaz qui s'y accumule, et tantôt, lorsque par un moyen quelconque on donne issue au gaz, elle s'abaisse sous l'action de son propre poids et agit alors comme un véritable piston, dont la pression suffit pour chasser le gaz dans toutes les ramifications des tuyaux chargés de l'apporter au consommateur. Les choses étant ainsi organisées, pourrait-il alors se présenter quelques circonstances qui amenassent le gaz emprisonné sous la cloche à rencontrer assez d'air pour former un mélange explosif, circonstances déterminées, il va sans dire, par l'action de la chaleur agissant extérieurement sur le gazomètre?

Il y a quelques années, il est arrivé, à une usine à gaz de la Métropole, un accident qu'il n'est pas sans opportunité de relater ici. Une portion de la tête de la lourde charpente en fer du gazomètre se détacha, et tombant sur le haut de la cloche enfonça la tôle en y faisant un large trou. Aussitôt le gaz se dégagea par cette ouverture, avec une rapidité d'autant plus grande qu'il était soumis à une pression considérable, et, comme le hasard avait fait qu'une lumière se trouvait près du jet, il prit feu en produisant une flamme d'une dimension et d'une activité extraordinaires, ressemblant en quelque sorte à celles d'un gigantesque chalumeau. Comme le trou avait un grand diamètre, tout le gaz emmagasiné fut chassé en très-peu de temps, et cependant il n'en résulta aucun dégât, rien enfin qui puisse avoir le caractère de la plus petite explosion.

Supposons, d'après cela, qu'un fort incendie se déclare dans une usine à gaz, et que, pendant les progrès du feu, le gazomètre vienne, par une cause quelconque, à être perforé. Qu'en résulterait-il? Rien d'autre que le phénomène que nous venons de décrire. Bien plus, si la perforation de la tôle se produisait sur un point de la cloche qui permet aux flammes de déterminer un embrasement plus considérable, il n'y aurait pas plus de danger d'explosion que nous l'avons dit, à moins qu'on n'admette que le gaz se trouvait dans le réservoir même à l'état de

mélange avec l'oxygène ou avec l'air atmosphérique. Or y a-t-il quelque probabilité qu'un tel mélange explosif puisse être produit dans un gazomètre par le seul effet d'un feu qui vient du dehors ?

Si un gazomètre plein était exposé à l'action d'une flamme violente, il est évident, d'après la loi de dilatation dont nous avons parlé, que le gaz augmenterait rapidement de volume. Bien qu'il ne soit guère naturel de supposer, dans cette circonstance, qu'un gazomètre de grand diamètre puisse être en même temps chauffé, sur toutes ses parois, d'une manière uniforme, admettons cependant, dans le désir de pousser les choses au pis, que le fait soit possible et que toute la masse du gaz soit élevée à une haute température, celle de $1,000^{\circ}$ Fahr. (542° C.) par exemple, qui représente à peu près le rouge brillant (1). Dans ce cas, le volume du gaz sera presque triplé, et, si la capacité de la cloche est de 3,000 pieds cubes ($84^{\text{m}^3}, 640$) et qu'elle soit complètement remplie, près des deux tiers de son contenu devront s'échapper en vertu de la dilatation produite. Elle tendra donc à être soulevée; mais, comme elle se trouvera en haut de l'échelle et qu'elle ne peut sortir de l'eau de la cuve parce qu'elle est solidement maintenue par la charpente en fer, l'excès du gaz (c'est-à-dire les 2,000 pieds cubes) sortira par le bas en bouillonnant au travers de l'eau, circonstance qui arrive assez souvent dans les usines, mais sur une petite échelle, lorsque les gazomètres sont trop chargés. La flamme enveloppant le gazomètre, le gaz prendra aussitôt feu à mesure qu'il s'échappera. Il se produira donc là une succession plus ou moins régulière d'inflammations très-rapides; mais, comme le gaz n'aura pu, avant d'arriver au dehors, se mélanger avec l'air, il n'y aura aucune explosion. Si, continuant nos suppositions, nous supprimons la cause première du feu, c'est-à-dire nous admettons qu'on parvienne à éteindre la flamme qui enveloppait le gazomètre, le gaz restant se refroidira et, reprenant peu à peu son volume et sa densité normaux, finira par ne plus occuper que le tiers de la capacité de la cloche. Dès lors celle-ci redescendra progressivement sans qu'il soit possible à l'air extérieur d'y pénétrer, et le seul fait qui résultera de l'accident sera que la hauteur de la cloche, au-dessus du niveau de l'eau, aura diminué des $2/3$ de ce qu'elle était auparavant.

Cependant, comme il faut tout prévoir, prenons un cas extrême et pour ainsi dire

(1) Ici l'auteur indique que c'est à dessein qu'il ne se préoccupe pas du plus ou moins de probabilité qu'une telle température puisse se produire; il sait bien qu'elle ne pourrait jamais exister en présence de l'eau de la cuve. En effet, aussitôt que le gaz atteindrait un degré de chaleur dépassant de beaucoup 212° Fahr. ($100^{\circ}, 8$ C.), il se formerait de la vapeur qui viendrait se mélanger avec lui et le chasserait en raison de l'augmentation de volume qui en résulterait, en sorte qu'au bout de peu de temps il n'y aurait plus dans le gazomètre que de la vapeur d'eau seule. La chose est évidente, surtout lorsque l'on considère qu'un pied cube d'eau ($0^{\text{m}^3}, 028$) fournit plus de 1,700 pieds cubes de vapeur ($47^{\text{m}^3}, 950$), et que, par conséquent, moins de 2 pieds cubes ou environ 12 gallons d'eau ($54^{\text{lit.}}, 48$) suffiraient à engendrer assez de vapeur pour remplir un gazomètre de la dimension supposée. Ce n'est donc que pour donner encore plus de force à son argumentation que M. Keates suppose que la température de $1,000^{\circ}$ Fahr., qu'il prend pour exemple, reste sans influence sur l'eau de la cuve du gazomètre.

impossible; admettons que le gaz dilaté par le feu d'un incendie, dans la proportion de trois fois son volume primitif et remplissant complètement le gazomètre, vienne à être subitement refroidi; admettons, en outre, que le mécanisme qui permet à la cloche de se mouvoir ait été atteint par les flammes au point de ne plus pouvoir fonctionner et de ne plus lui permettre de redescendre en même temps que le gaz opère sa contraction. Il est évident que celui-ci, en se refroidissant, finira par occuper seulement le tiers de la capacité qu'il occupait auparavant, et comme l'eau de la cuve ne pourra remplir le vide restant, c'est l'air atmosphérique qui s'introduira dans la cloche par-dessous ses bords, en sorte qu'en très-peu de temps elle contiendra un mélange d'air et de gaz dans la proportion d'environ 2 pour 1. Eh bien, même dans ce cas, ce mélange ne sera pas explosif. Les expériences de Davy montrant, en effet, que, lorsque la proportion de gaz excède 20 à 25 pour 100, la combustion se fait tranquillement, il ne peut y avoir danger, puisque cette proportion est ici de 33 pour 100.

Enfin voyons ce qui pourrait arriver si, par suite des mêmes circonstances d'incendie, la cloche restait accrochée en haut de sa course et qu'une partie de la cuve vînt à se démolir et à laisser s'écouler l'eau qu'elle contient. Dès lors le gaz, n'étant plus emprisonné, serait mis immédiatement en communication avec l'atmosphère; mais, dans ce cas, le mélange ne se ferait que lentement, car, en vertu de sa moindre densité, le gaz continuerait à rester sous la cloche jusqu'à ce que sa diffusion dans l'air ait le temps de s'opérer. Si donc les flammes atteignaient la masse gazeuse peu de temps après l'accident, il n'y aurait pas non plus d'explosion, mais simplement ignition du gaz dans la couche inférieure en contact avec l'air; il se passerait là un phénomène analogue à celui qu'on répète dans tous les laboratoires, et qui consiste à introduire dans une éprouvette renversée un gaz combustible et à en approcher une bougie allumée; le gaz prend feu à la partie inférieure, et en plongeant la lumière dans le fond de l'éprouvette elle finit par s'éteindre. Quant à l'action que la chaleur ou la flamme pourrait exercer sur le gazomètre lui-même, de manière à l'endommager assez pour le rendre incapable de contenir le gaz, elle n'est guère admissible. On sait fort bien que les carcasses des navires en fer peuvent rester exposées longtemps à une chaleur rouge, avant de se détériorer au point de donner lieu à quelque fuite; mais si l'on veut supposer, pour un gazomètre, que la chaleur soit assez violente pour tordre les plaques de tôle qui forment la cloche et pour faire échapper le gaz, il ne se passera rien d'autre que ce qui s'est passé dans le cas relaté ci-dessus de la crevasse produite par la chute d'une partie de la charpente, c'est-à-dire que le gaz s'enflammera à mesure qu'il s'échappera par les ouvertures.

En résumé, l'étude à laquelle nous venons de nous livrer paraît suffire à démontrer que, dans le cas d'un incendie se déclarant dans une usine à gaz, l'explosion d'un gazomètre est un événement qui n'est sans doute pas impossible, mais qui est encore assez loin de toute probabilité pour qu'on doive considérer comme mal fondées les craintes exagérées qu'on pourrait concevoir à cet égard. Un concours de circonstances analogues, capables de déterminer une pareille catastrophe, ne nous semble

s'être jamais présenté depuis que l'industrie gazière existe. Sans doute, on ne peut nier qu'un incendie ne puisse prendre une intensité plus terrible par l'inflammation du gaz renfermé dans un gazomètre; mais, dans ce cas, on peut se demander si c'est un motif suffisant pour qu'une explosion s'ensuive. (M.)

NOTICES INDUSTRIELLES

EXTRAITES DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

De la production du soufre en Italie, par M. P. Bianchi.—La production actuelle des mines de soufre d'Italie ne s'élève pas à moins de 300,000 tonnes par an, dont la valeur à l'état brut est de 30 millions de francs. Cette production, qui a décuplé depuis 1830, est en grande partie fournie par la Sicile. Les Romagnes, qui ne donnaient autrefois qu'une quantité insignifiante, ont depuis quelque temps développé leurs exploitations, qui contribuent aujourd'hui pour un chiffre de 8,000 tonnes dans le rendement général annuel.

Pendant la période décennale qui vient de s'écouler, on a réalisé en Sicile une amélioration importante dans la méthode d'extraire le soufre de sa gangue calcaire. On l'obtient toujours par liquation en grillant une partie du minerai; mais cette opération, au lieu de se faire comme autrefois dans de petits fours cylindriques ouverts (*calcarelle*), se pratique aujourd'hui en rangeant simplement la pierre en tas et en la recouvrant d'une chemise de terre, comme on le fait pour la carbonisation du bois; ces tas, qu'on nomme *calcaroni*, sont d'un volume considérable et souvent égal à 400 fois la capacité des anciens fours. Ce nouveau mode d'opérer a l'avantage de diminuer les pertes occasionnées par la production de l'acide sulfureux, en sorte que le rendement en soufre se trouve augmenté de $\frac{1}{5}$; en outre, le grillage en tas peut se faire au voisinage des habitations et des jardins, ce que ne permettait pas l'emploi des fours qu'on était toujours obligé de placer à plusieurs milles de distance. Autrefois on n'opérait qu'à certaines époques de l'année; maintenant on peut le faire en tout temps, ce qui n'oblige plus à approvisionner de grandes quantités de minerai. Enfin le traitement, qui était mortellement dangereux pour les ouvriers, est devenu désormais presque inoffensif.

Soufre des Romagnes et des Marches. — Il existe à Bologne une société qui, sous la dénomination de *Société des mines de soufre des Romagnes*, possède huit centres d'exploitation, dont cinq, dans la province de Forlì (Romagnes), portent les noms de Firmignano, Luzzena, Fosco, Busca et Montemauro. Les trois autres qui font partie de la province d'Urbino et Pesaro sont ceux de Perticara, Marazzana et Montecchio. Le soufre provenant de ces exploitations est raffiné principalement à Rimini, d'où il est envoyé dans les principaux centres de consommation de l'Italie, tels que Venise, Trieste, Ancône, Rome, la Lombardie, la Toscane, etc.

Le soufre raffiné de cette provenance est surtout employé à la fabrication de l'acide sulfurique, et depuis quelques années au traitement de la vigne. Son prix, qui suit constamment une progression croissante, est, en pains, de 213^f,10 par tonne anglaise de 1,015 kilog. et, en bâtons, de 254^f,35, le tout rendu à bord des navires dans les ports de Rimini et de Cesenatico ou aux gares des chemins de fer de Rimini et de Cesena.

Soufre des provinces napolitaines. — Le soufre se rencontre sur plusieurs points de ce pays, mais en petites quantités. C'est ainsi qu'on le trouve dans la région volcanique des solfatares, où il existe mélangé avec de l'argile et d'autres matières dont on le sépare par sublimation; le rendement est de peu d'importance. On en trouve également en petits dépôts disséminés dans le district de Majella, où l'un deux, celui de Santa-Liberata, est l'objet d'une petite exploitation.

On a récemment annoncé la découverte à Civitanova (province de Molise) d'un gisement de calcaire imprégné de soufre, mais on n'a rien dit de la richesse et de l'étendue qu'il peut avoir; on n'en sait pas davantage sur un autre gisement signalé à Santa-Regina, à 2 milles d'Ariano dans la direction Est.

Soufre de la Sicile. — Le soufre existe en Sicile dans un terrain gypseux, dont les couches s'étendent sur une grande partie de l'île depuis le mont Etna jusqu'au voisinage de Trapani. Cette formation appartient à une époque géologique, qui n'a pas encore été déterminée d'une manière bien certaine. Ici, comme dans les Romagnes, elle renferme, outre le gypse, des calcaires et des argiles plus ou moins marneuses. Dans les premiers, le soufre est à l'état de mélange tantôt uniforme et tantôt irrégulier, parfois en petites veines parallèles et plus rarement à l'état de cristaux; dans ce dernier cas, il n'est pas rare de le trouver associé avec de la *célestine* ou sulfate de strontiane. Dans les argiles, au contraire, on le rencontre en masses globulaires, et cette circonstance se reproduit également dans les gisements analogues de l'Italie continentale.

Les mines de la Sicile sont au nombre de 50 environ, employant vingt mille ouvriers. Les plus productives sont principalement situées dans les provinces de Caltanissetta et de Girgenti. Viennent ensuite et par rang d'importance celles des provinces de Catane, de Palerme et de Trapani. L'extraction du soufre se fait comme on l'a expliqué plus haut, au moyen des *calcaroni*; la perte à laquelle donne lieu l'opération est de 1/3 de la teneur du minerai. Quant au raffinage, il s'en fait peu dans l'île, d'où l'on préfère exporter le produit à l'état brut. Dans cet état on le divise en trois qualités, dont la seconde et la troisième se subdivisent à leur tour en trois espèces. La production de 1861 a été évaluée approximativement à 250,000 tonnes de soufre de commerce, dont la moitié environ fournie par la province de Caltanissetta, un tiers par celle de Girgenti, 25,000 par celle de Catane et 20,000 par celle de Palerme; la production de la province de Trapani est presque insignifiante. C'est la France et l'Angleterre qui absorbent la plus grande partie du soufre exporté.

Le prix de cet article est en hausse depuis quelques années; en 1860 il se vendait, à l'état brut, de 15 à 20 fr. la tonne. (*The Technologist.*)

Comparaison entre les résistances à l'extension des plaques de fer et des plateaux de bois, par M. William Fairbairn. — Dans un ouvrage fort répandu en Angleterre et que M. Fairbairn a publié sous le titre de *Useful information for engineers* (Renseignements utiles aux ingénieurs), nous trouvons, sur la résistance à l'extension des plaques de fer et de bois, les renseignements comparatifs suivants :

Musschenbrock, Buffon et plus récemment le professeur Barlow de Woolwich se sont occupés de la force de cohésion du bois. « Parmi leurs expériences qui portent toutes sur des échantillons de provenance anglaise, je choisis, dit M. Fairbairn, celles de M. Barlow qui, faites avec le plus grand soin, me fournissent les chiffres les plus propres à la comparaison que je veux établir.

	RÉSISTANCE.	
	En livres par pouce carré.	En kilog. par centim. carré.
Frêne.	17000	1193,90
Teck.	15000	1053,50
Sapin.	12000	842,70
Hêtre.	11500	807,60
Chêne.	10000	702,30

« Ces chiffres diffèrent de ceux de Musschenbrock, mais M. Barlow fait remarquer que ces différences s'expliquent probablement par l'inégalité de siccité des bois expérimentés. A cet égard, M. Hodgkinson a démontré que la résistance à l'écrasement du bois humide est inférieure à la moitié de celle qu'il présente lorsqu'il est sec. Par conséquent, les résultats qu'on obtient dépendent beaucoup du choix des échantillons sur lesquels on a opéré et du mode de dessiccation auquel on les a soumis.

« La résistance moyenne des plaques de fer étant estimée, d'après mes propres expériences, à 50,000 livres par pouce carré (soit 3511^k,60 par centimètre carré), on a pour le rapport des résistances des deux espèces de matériaux :

	Bois.	Fer.	Rapport des résistances, le bois étant pris pour unité.
	Kilog.	Kilog.	
Frêne.	1193,90	3511,60	ou comme 1 : 2,94
Teck.	1053,50	3511,60	1 : 3,33
Sapin.	842,70	3511,60	1 : 4,16
Hêtre.	807,60	3511,60	1 : 4,34
Chêne.	702,30	3511,60	1 : 5,00

« On voit que la force de cohésion des plaques de fer est cinq fois plus grande que celle du chêne, c'est-à-dire qu'une plaque de fer de 1/2 pouce (0^m,0125) d'épaisseur résiste aussi bien qu'un plateau de chêne de 2,5 pouces (0^m,0625). Pour les bois de teck et de sapin les chiffres indiquent qu'on peut, au point de vue de la résistance à l'extension, employer des plateaux plus minces; mais cette règle ne peut guère s'appliquer qu'au premier de ces bois, car elle est défavorable au second considéré dans ses applications à l'architecture navale. Le bois de teck, qui a une densité plus grande, est plus capable de résister aux chocs qu'une matière fibreuse comme le sapin, qui est d'une nature flexible et spongieuse. » (*Useful information for engineers.*)

Développement extraordinaire de la fabrication des machines à coudre en Amérique, par M. Edwin P. Alexander. — Voici, sur cette industrie importante, de nouveaux détails à ajouter à ceux que nous avons déjà donnés en 1861 (1); nous les extrayons d'un mémoire que M. Alexander a lu récemment devant la Société des arts de Londres, et dans lequel il passe en revue les différents systèmes de machines à coudre les plus usités.

Ce n'est guère qu'à partir de 1852 que les machines à coudre ont commencé réellement à donner lieu à quelques affaires, et tandis qu'en Angleterre et sur le continent cette industrie n'a fait que progresser lentement après avoir eu beaucoup de peine à s'y établir, en Amérique, au contraire, elle s'est développée rapidement et a atteint un degré d'activité extraordinaire. Ainsi on estime qu'aujourd'hui, dans ce pays, il n'y a pas moins de 300,000 machines en activité, pendant que la Grande-Bretagne et l'Irlande, malgré leur population bien plus considérable, n'en ont pas plus de 50 à 60,000. La construction de ces machines se fait sur une très-grande échelle, grâce à l'organisation de puissantes compagnies qui, disposant d'un capital de plus de 500,000 livres sterling (12,500,000 francs), ont établi des usines dont quelques-unes sont capables de fournir de 300 à 800 machines par semaine. La seule compagnie Wheeler et Wilson, par exemple, en a fabriqué, en 1860, près de 40,000, c'est-à-dire près du double de celles qui ont été produites en deux ans dans toute l'Angleterre. La statistique commerciale témoigne, du reste, de l'activité progressive de la fabrication, car la vente, qui n'était, en 1853, que de 2,509 machines, s'est élevée successivement jusqu'au chiffre de 46,243 pour 1859.

Dans son rapport au Secrétaire de l'intérieur (États-Unis), le directeur de la statistique constate que « la machine à coudre est arrivée, dans ces dix dernières années, à un degré de perfection tel, qu'elle a opéré une véritable révolution dans un grand nombre d'industries. Elle a ouvert un avenir inespéré à des milliers de femmes pour lesquelles le travail de l'aiguille n'était plus suffisamment rémunérateur; elle a permis d'augmenter le bien-être général, en abaissant le prix de revient de beaucoup d'objets de première nécessité; enfin elle a, dans une certaine proportion, augmenté la richesse du pays en favorisant le développement de certaines branches d'industrie et, par conséquent, la création de nouveaux capitaux.

« La fabrication des machines a pris une extension considérable. Les relevés officiels indiquent qu'en 1860 neuf États de l'Union en ont établi ensemble 116,330, représentant une valeur de 5,605,345 dollars (30,324,916 francs); sur ce nombre un seul établissement, dans le Connecticut, en a fourni près de la moitié. Pendant l'année 1861 on en a exporté pour une somme de plus de 61,000 dollars (330,000 francs).

« Aujourd'hui non-seulement la machine à coudre est employée dans un grand nombre d'industries, mais elle est devenue le compagnon indispensable des ménages. La fabrication des vêtements et lingeries confectionnés pour hommes et pour femmes

(1) Voir *Bulletin* de 1861, 2^e série, t. VIII, p. 560.

a trouvé en elle un puissant auxiliaire. Elle s'est développée, en général, dans toute l'Union, au point que, dans les quatre villes de New-York, Philadelphie, Cincinnati et Boston, elle a été d'une valeur de près de 40 millions $1/4$ de dollars (217 millions 700,000 francs), soit plus de 83 pour 100 du produit total de l'Union en 1850. »

M. P. Alexander examine ensuite l'économie de main-d'œuvre qu'a permis de réaliser, en Amérique, la couture mécanique. Partant de ce fait qu'une seule machine fait au moins le travail de cinq ouvrières payées à raison de 50 cents (2^f,50) par jour, il en conclut qu'elle économise le salaire de quatre, soit 10 francs, puisqu'une seule suffit pour conduire la machine. Comme exemple, il cite un seul établissement de New-Haven qui, en employant 400 machines et produisant 800 douzaines de chemises par semaine, est parvenu à réaliser sur la main-d'œuvre une économie de 240,000 dollars par année (1,298,400 francs). Cette économie est plus considérable encore dans la confection des devants de chemises qui est une industrie spéciale, car une machine en fait 100 par jour pendant qu'une ouvrière ne peut en piquer que 6 dans le même temps; on estime qu'à New-York elle n'est pas moins de 843,750 dollars par an (plus de 4 $1/2$ millions de francs).

Après avoir passé en revue les principales industries dans lesquelles la machine à coudre joue un si grand rôle, l'auteur en arrive à conclure, d'après les documents certains qui sont entre ses mains, que les 300,000 machines qui fonctionnent aux États-Unis économisent plus de 29,000,000 de livres par année (725 millions de fr.), c'est-à-dire que, si tout le travail qu'elles accomplissent devait se faire à la main, il coûterait cette somme énorme augmentée au moins de $1/5$, soit 870 millions de francs.

(*Journal of the Society of arts.*)

Culture du coton en Cochinchine. — Le coton de la Cochinchine est de l'espèce appelée dans le commerce courte-soie (*upland green seed cotton*); il rivalise dans ce moment même, c'est-à-dire dans les plus mauvaises conditions de culture et de préparation, avec celui de la Nouvelle-Orléans; il est donc soyeux, fin au toucher, d'un beau blanc mat et beurré, et ses fils sont très-longs dans leur variété.

Les informations prises auprès des Annamites établissent que la culture du coton n'est pas particulière à telle ou telle partie de la province, mais que le sol tout entier peut y être appliqué avec un succès certain. En dehors de ces renseignements on peut encore asseoir des données assez exactes sur la configuration du sol, lequel formé par des alluvions est entrecoupé de rivières, de fleuves, de canaux, et se montre partout éminemment arrosable et propre à la culture cotonnière; de plus, la terre, sèche et sablonneuse sur plusieurs points, est des plus riches; le climat est doux, et les gelées qui compromettent si souvent la récolte aux États-Unis sont inconnues en Cochinchine. Ce n'est, d'ailleurs, qu'à 5 ou 6 milles dans l'intérieur de la basse Cochinchine, c'est-à-dire dans les régions élevées, que la culture du cotonnier offre des chances de réussite, les rizières occupant toutes les parties basses.

Au point de vue des expéditions, on n'a à craindre ni de hautes ni de basses eaux, ni même des barres à l'embouchure des fleuves. Nos possessions cochinchinoises

actuelles forment un delta entouré de cours d'eau profonds et navigables sur presque tous les points pour les navires du plus fort tonnage.

Au point de vue de la culture, l'émigration chinoise peu fournir abondamment, à défaut de bras indigènes, toutes les forces qui lui seront nécessaires et à un taux tellement bas, que la concurrence, sous ce rapport, ne saurait être redoutée, l'esclavage lui-même étant impuissant à offrir un bon marché pareil.

Quant à la question du prix du coton sur les lieux de production mêmes et sur les marchés locaux, voici des chiffres qui peuvent servir de point de départ à des calculs rigoureux : 600 piculs (1) de coton brut ont été vendus, en 1860, à Saigon, à raison de 18 legatures le picul ou de 2 cents 7/8 environ la livre de 453 grammes. Le déchet constaté après un moulinage complet s'est élevé de 30 à 50 pour 100, ce qui a porté le prix à 6 cents environ la livre ou 8 dollars le picul (soit 70',95 les 100 kilog.). Dans cet état grossier, cette matière, dont la qualité est fort estimée en Chine, y trouve un écoulement facile à raison de 16 dollars le picul, et les meilleurs juges la classent, ainsi qu'on l'a dit plus haut, avec le *good Midling upland* de la Nouvelle-Orléans, qui valait alors, à Liverpool, plus de 25 dollars le picul (221',70 les 100 kilog.).

(*Annales du commerce extérieur.*)

Fabrication du gaz d'éclairage au moyen de l'huile de pétrole, par MM. Thompson et Hind. — Le procédé pour lequel MM. Thompson et Hind, du Canada, ont pris un brevet consiste à mélanger les gaz obtenus par l'action de plaques de fer ou de briques portées au rouge sur le pétrole brut avec ceux résultant du passage de la vapeur d'eau à travers des masses chaudes de coke ou de charbon de bois. Ces gaz combinés sont lavés à l'acide chlorhydrique et passent dans une série de récipients où ils se purifient, pour arriver ensuite au gazomètre dépouillés de toute odeur. La flamme qu'ils donnent en brûlant est extrêmement belle. C'est un mode d'éclairage dont le prix de revient est aussi fort modéré.

L'appareil où s'effectue la décomposition du pétrole consiste en une cornue en fer placée sur une grille. Un cylindre creux qu'on remplit de coke ou de charbon de bois est attaché au couvercle de l'alambic. Autour du cylindre se détache une feuille de tôle, plissée en forme d'hélice et remplissant l'intervalle entre les parois du cylindre et celles de la cornue. Deux tuyaux traversent le couvercle de l'alambic : l'un sert à l'arrivée du pétrole brut, l'autre à celle de l'eau ; le premier communique avec le serpentin, qui débouche lui-même dans la partie supérieure du cylindre ; le second coupe les spirales de l'hélice et vient aboutir à la base inférieure du cylindre. Le pétrole se décompose en circulant dans le serpentin ; l'eau passe à l'état de vapeur dans le tuyau qu'elle suit pour arriver au bas du cylindre, et comme elle rencontre alors du coke ou du charbon de bois, elle donne lieu à diverses combinaisons d'hydrogène et de carbone, ainsi que de carbone et d'oxygène. Un troisième tuyau, s'ouvrant dans le cylindre creux à sa partie supérieure, reçoit les gaz provenant de la décomposition du

(1) Le picul vaut environ 61 kilog.

pétrole et ceux résultant du mélange de la vapeur d'eau avec le carbone, au contact duquel elle est exposée. Toutes ces opérations sont faciles à comprendre, et l'appareil économique qui leur sert de milieu a, de plus, l'avantage d'être très-portatif (1). (*Extrait d'un rapport de M. Gauldrée-Boileau, ingénieur des mines, sur l'exploitation de l'huile minérale dans l'Amérique du Nord. Annales des mines.*)

Poudre-coton autrichienne. — M. Reny, de Vienne, fabrique une poudre-coton qui donne peu de fumée et n'est pas sujette à éclater par le choc comme la poudre-coton ordinaire. Voici le mode de préparation qu'il indique :

Prendre d'abord du coton en fil et le tordre en cordon d'un diamètre égal à celui du grain de la poudre à canon. On le trempe ensuite pendant quelques minutes dans un récipient de grès contenant de l'acide nitrique, puis on le presse et on le soumet ensuite à un lavage complet, au moyen d'un courant d'eau qu'on dirige sur lui d'une certaine hauteur. On le presse de nouveau et on le fait alors sécher dans une étuve chauffée à la température de 130 degrés Fahr. (54°,80 C.). Pendant ce temps on prépare dans un vase en verre ou en grès un mélange, par parties égales, d'acide nitrique (densité 1,52) et d'acide sulfurique (densité 1,14) qu'on laisse reposer vingt-quatre heures. Quand le coton est sec, on le plonge dans ce mélange qu'on a soin de recouvrir, et après l'y avoir laissé pendant deux jours en remuant de temps en temps, on le retire, on le presse, et après l'avoir lavé pendant plusieurs heures dans l'eau courante, on le fait de nouveau sécher. Dans cet état, on le plonge pendant quelques instants dans un bain de silicate de potasse étendu, puis on lui fait subir les mêmes opérations de pression, de lavage à l'eau et de séchage ; l'opération est alors terminée et le coton-poudre est prêt à être employé. (*The Artizan.*)

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION.

PROCÈS-VERBAUX.

Séance du 6 mai 1863.

M. A. Chevallier, membre du comité des arts chimiques, occupe le fauteuil.

CORRESPONDANCE. — *Le comité national de bienfaisance*, au profit des ouvriers sans travail de l'industrie cotonnière en France, siégeant à Rouen, transmet le compte rendu de la réunion générale dans laquelle a été votée une première répartition des fonds recueillis par les différentes souscriptions.

(1) Ce brevet, pris au Canada, n'aurait guère, il nous semble, de validité en France, car le procédé de MM. Thompson et Hind ressemble singulièrement à celui, aujourd'hui abandonné, de M. Selligie, lequel consistait à décomposer la vapeur d'eau sur des charbons rougis et à combiner l'hydrogène résultant de cette décomposition avec des vapeurs d'hydrocarbures. (R.)

M. *J. Legal*, docteur en médecine à Dieppe, adresse une notice qu'il a publiée sur un nouveau procédé de laçage de filets à la main. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. *Poret*, géomètre à Lisieux (Calvados), a exécuté, pour le lever des plans, une planchette qui, par ses dispositions, permet d'opérer sur le terrain aussi exactement que dans un bureau et avec une rapidité plus grande que ne le permet la planchette ordinaire. M. Poret demande à la Société de vouloir bien se faire rendre compte de son invention. (Renvoi au même comité.)

M. *Delcambre (Isidore)*, à Lille, 74, rue d'Armentières, appelle de nouveau l'attention du Conseil sur ses appareils à composer et à distribuer les caractères d'imprimerie. (Renvoi au même comité.)

M. *Vedrenne*, mécanicien, route d'Italie, 17, sollicite l'examen d'un outil qu'il a fait breveter, et qui est destiné à percer les métaux à chaud ou à froid. (Renvoi au même comité.)

M. *de Torrès (François-Georges)*, rue du Bouloi, 2, soumet à l'appréciation du Conseil une invention qu'il présente comme un moteur gratuit. (Renvoi au même comité.)

M. *Campredon*, mécanicien à Paris, adresse les modèle et description d'un moteur à air comprimé. (Renvoi au même comité.)

MM. *Naudet et comp.*, place de Thorigny, 2 et 4, présentent des baromètres métalliques, en indiquant que ces appareils ont reçu une mention honorable à l'Exposition universelle de 1862, et qu'ils ont été adoptés par les marines de l'État et du commerce. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Jules Delbruck*, rue de Rivoli, 162, envoie un exemplaire des *Récréations instructives sur l'industrie, l'agriculture*, etc., en sollicitant l'approbation de la Société. (Renvoi au même comité.)

M. *Maupin*, à Provins (Seine-et-Marne), fait hommage d'une méthode qu'il emploie, dit-il, avec succès pour propager la connaissance du système décimal. (Renvoi au même comité.)

M. *A. Ch. Sacré* aîné, à Bruxelles et à Paris, rue Saint-Georges, 6, dépose un compteur à alcool avec une note relatant que ce compteur accuse, par une annotation numérique, chaque fraction de 5 litres qui passe à la distillation, et qu'en outre une capacité spéciale, dont le contenu est proportionnel au flegme circulant, permet de constater le degré moyen de l'alcool fourni par une ou plusieurs opérations. (Renvoi au même comité réuni à celui des arts chimiques.)

M. *Rodé*, à Dijon, écrit qu'il est auteur d'un procédé pour la guérison de la maladie de la vigne. (Renvoi au comité d'agriculture.)

MM. *Jardin et Blancoud*, place Dauphine, 17, par l'intermédiaire de M. *Gaultier de Claubry*, membre du Conseil, appellent l'attention de la Société sur leurs procédés de gravure appliqués au décor des pierres dures, de la porcelaine, etc. MM. Jardin et Blancoud rappellent que déjà le Conseil leur a décerné une médaille d'argent dans la séance générale de 1860; mais, depuis cette époque, ils ont apporté à leurs procédés

des perfectionnements qui leur paraissent devoir mériter un nouvel examen. (Renvoi à la commission des beaux-arts appliqués à l'industrie.)

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du comité d'agriculture, M. *Bourgeois* donne lecture d'un rapport sur l'ouvrage de M. *Rose Charmeux* intitulé : *Culture du chasselas à Thomery*. (Voir plus haut, p. 269.)

COMMUNICATIONS. — M. *Victor de Luynes*, membre du comité des arts économiques, entretient le Conseil d'un nouveau mode de préparation de l'orcine (voir plus haut, p. 270) et met sous ses yeux un kilogr. de cette matière obtenue par ce procédé.

M. *Silbermann*, membre du même comité, donne la description du robinet à simple ou à double clapet extensible, à levier libre ou à bascule, pour les eaux courantes ou forcées, qui a été présenté, au nom de M. Waroquier, dans la séance dernière.

M. *L. Kessler*, ingénieur-chimiste à Champerey-Neuilly (Seine), présente des échantillons de cristaux gravés à l'acide fluorhydrique par des procédés qui lui sont propres, et au sujet desquels il entre dans quelques explications.

M. *Kessler* dit qu'il n'a pas la prétention d'avoir fait la première tentative de l'emploi de l'impression de la réserve dans la gravure fluorhydrique sur verre, mais il croit avoir trouvé le premier un procédé qui répond au but et aux exigences pratiques de ce travail, et qui permet d'en obtenir tous les effets voulus. Ce procédé comprend : 1° la confection de la planche d'impression ; 2° la fabrication de l'encre de réserve ; 3° l'impression et le décalque ; 4° la morsure de l'acide soit à l'état de vapeur, soit à l'état liquide. Appliqué à la décoration du verre, des cristaux ou des porcelaines, il permet d'obtenir en même temps des effets de couleur. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — 1° M. *Ferguson*, fabricant de dentelles à Amiens ;

2° M. *Guérin-Méneville*, membre de la Société impériale et centrale d'agriculture ;

3° M. *Sallette*, constructeur-mécanicien à Marseille.

Séance du 20 mai 1863.

M. *A. Chevallier*, membre du comité des arts chimiques, occupe le fauteuil.

CORRESPONDANCE. — M. *Laurent*, ingénieur-manufacturier à Plancher-les-Mines (Haute-Saône), annonce qu'il est inventeur d'une machine fabriquant automatiquement les clous employés au ferrage des chevaux. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. *Charvin*, rue de Douai, 6, présente un système d'arrêt pour chemins de fer. (Renvoi au même comité.)

M. *E. Peraux*, négociant à Nancy, adresse un manuscrit intitulé : la *Règle à calcul appliquée au commerce*, et contenant : 1° l'examen des objections dirigées contre l'usage de la règle à calcul ; 2° l'exposé d'un système de règle à deux réglettes ; 3° la

démonstration d'exemples d'application de la règle aux opérations les plus utiles dans le commerce. (Renvoi au même comité.)

M. *Thibaule*, boulevard de Sébastopol, rive gauche, soumet à l'examen de la Société des plaques de verre striées en ligne droite, et destinées à être employées dans les lanternes des rues pour projeter la lumière. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Barca*, entrepreneur de fumisterie, rue des Saints-Pères, présente un appareil breveté, destiné à utiliser la chaleur perdue dans les foyers d'appartements. (Renvoi au même comité.)

M. *J. B. Boesch*, à Strasbourg, sollicite l'examen d'un pétrin économique de son invention. En même temps il appelle l'attention du Conseil sur la réaction de l'acide carbonique sur l'essence de térébenthine, en composition avec les oxydes et sels vitrifiables. (Renvoi du pétrin au même comité et renvoi de la seconde affaire au comité des arts chimiques.)

M. *Chouel*, par l'intermédiaire de M. *Duffner*, propriétaire à Paris, prie la Société de vouloir bien examiner son procédé pour l'application de l'or et de l'argent sur les tissus par voie galvanique. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du comité des arts chimiques, M. *Salvétat* donne lecture des deux rapports suivants :

1° Rapport sur un ouvrage intitulé : *le Verrier du XIX^e siècle*, présenté par l'auteur, M. *Flamm*, verrier à Phlin (Meurthe) (voir plus haut, p. 267) ;

2° Rapport sur l'ouvrage de M. *Théophile Grison*, ayant pour titre : *le Teinturier du XIX^e siècle*. (Insertion au *Bulletin*.)

Au nom du même comité, M. *Gaultier de Claubry* lit un rapport sur l'ébullioscope centésimal de M^{lle} *Brossard-Vidal*. (Insertion au *Bulletin*, avec dessin.)

Au nom du comité des arts économiques, M. le comte *du Moncel* lit un rapport sur l'appareil électro-médical de M. *Gaiffe*, ingénieur-constructeur d'instruments de physique. (Voir plus haut, p. 264.)

COMMUNICATIONS. — M. *Combes*, l'un des secrétaires, entretient le Conseil de l'application qui a été faite du volume que prend l'eau à différents degrés de température dans une capacité qui se dilate, pour vérifier si une chaudière à vapeur peut résister à la pression en atmosphères qu'elle doit supporter. A cet égard, il rend compte des expériences qu'il a faites, dans les ateliers de M. Cail, sur deux chaudières de locomotives, et ensuite sur les avantages de ce mode d'essai qui permet d'exercer une pression graduelle et de la maintenir facilement au degré que l'on veut.

M. *Pradel* explique à la Société son système de contrôleur universel. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

ARTS MÉCANIQUES.

RAPPORT *fait par* M. PHILLIPS, *au nom du comité des arts mécaniques, sur*
l'ESSIEU CREUX A GRAISSAGE CONTINU, *appliqué aux chariots de mine, de*
M. ÉVRARD, *ingénieur civil, à Douai.*

M. Évrard a soumis au jugement de la Société un nouveau type d'essieu creux à graissage continu pour les chariots de mine.

On sait que, dans les chariots ordinaires, le graissage est habituellement très-défectueux. Comme ceux-ci doivent circuler sur des courbes à petit rayon, ils sont munis de quatre roues indépendantes tournant librement sur des fusées fixes. Le magasin d'huile ou de graisse, ménagé dans le moyeu d'une roue qui n'a souvent que 25 à 30 centimètres de diamètre, est naturellement fort restreint. La matière lubrifiante doit être renouvelée fréquemment, et elle n'empêche pas suffisamment l'entrée de la boue et de la poussière au grand détriment des surfaces frottantes.

Ce sont ces divers inconvénients que M. Évrard s'est proposé de faire disparaître, et on peut dire qu'il y a pleinement réussi.

Dans son système, l'essieu se compose d'un tube en fer creux, dans l'intérieur duquel tournent les fusées portant les roues invariablement fixées sur leur prolongement extérieur.

Le tube, dans la partie qui correspond aux fusées et qui, pour chacune, comprend à peu près le tiers de sa longueur, est alésé. Chaque fusée est logée à l'aise dans cette portion du tube et la remplit exactement, sauf un

espace cylindrique capillaire destiné à l'écoulement du liquide lubrifiant. Le milieu du tube, ou le tiers non alésé, contient un réservoir d'huile de la forme d'un cylindre creux. Celui-ci est fermé de tous côtés, sauf dans le bas, où il est percé d'un trou, de 1 centimètre de diamètre, imparfaitement bouché par un tampon à vis de 9 millimètres de diamètre, lequel ferme exactement un trou correspondant pratiqué dans l'essieu.

Le graissage s'opère d'une manière facile à comprendre. Et d'abord, pour remplir le réservoir, il suffit de culbuter le waggon, d'enlever le bouchon dont il vient d'être parlé et de le remettre en place, après le versement de l'huile.

Aussitôt que le chariot a repris sa position naturelle, quelques bulles d'air entrent dans le réservoir et font sortir une petite quantité d'huile; puis celle-ci cesse de couler. Ce n'est que quand le chariot est en mouvement que l'ébranlement fait rentrer de nouveau un peu d'air dans le réservoir, en déterminant une nouvelle sortie d'huile. Il s'opère de cette façon un écoulement très-lent et continu du liquide lubrifiant qui se renouvelle entre les surfaces frottantes.

Il est à remarquer que la consommation d'huile n'a réellement lieu que pendant la marche, de sorte que l'on peut dire qu'elle est bien réellement proportionnelle au service rendu. De plus, l'écoulement s'effectuant toujours de l'intérieur vers l'extérieur, il en résulte que la poussière et la boue sont toujours entraînées au dehors au lieu de pénétrer entre les surfaces frottantes, et que celles-ci se conservent toujours parfaitement intactes dans toutes les circonstances. C'est ainsi que M. Évrard a pu faire, avec des wagons de cette espèce, le déblai d'une épaisse couche de boue au fond d'une carrière. Pendant plusieurs mois, à chaque voyage, les essieux étaient baignés dans la boue, et néanmoins les fusées sont demeurées parfaitement propres.

L'auteur de cette invention annonçait, dans sa lettre d'envoi à la Société, que la compagnie houillère de Vicoigne, dirigée par M. l'ingénieur de Braquemont, avait expérimenté avec succès, pendant huit mois, aux mines de Nœux, douze chariots ou berlines disposés dans son système, et que le résultat en avait été des plus satisfaisants. Durant ce laps de temps, ils faisaient le service journalier de la mine, soit 16 kilomètres par jour, dont moitié à vide et moitié avec la charge de 350 kilog. de houille.

Après un travail continu de huit mois, aucun jeu sensible ne s'était manifesté dans les essieux et les fusées.

Les réservoirs n'étaient garnis d'huile que tous les quinze jours, et encore, après cet intervalle de temps, les trouvait-on à moitié remplis. Un chariot

consommait, en moyenne, 3 décilitres d'huile en vingt-huit jours de travail, pour un parcours qui avait été de 448 kilomètres.

Depuis l'époque où M. Évrard a déposé son travail, l'essai de son système a continué à se faire et à donner les résultats les plus favorables. M. l'ingénieur de Braquemont, après un emploi d'une année des douze berlines dont il a été question plus haut, a considéré les avantages du système de M. Évrard comme définitivement acquis, et en conséquence il le fait substituer aux anciens trains au fur et à mesure qu'ils s'usent. A la fin du mois d'octobre dernier, il existait, à la fosse de Nœux, quarante-quatre berlines avec essieux du nouveau type.

Les avantages déjà mentionnés plus haut, quant à la perfection du graissage et à la très-minime consommation d'huile, ont été complètement confirmés, et il a été constaté que l'effet de traction était très-faible par rapport aux chariots du système ordinaire.

L'application de l'invention de M. Évrard s'est propagée aussi dans d'autres exploitations, notamment aux mines d'Auchy-au-Bois, où une partie du matériel de roulage est déjà transformée selon le nouveau type et où les mêmes résultats en ont été obtenus. Des essais se font aussi aux mines de Bully-Grenay.

La question qui préoccupait au début des essais était celle de l'usure des surfaces de frottement et surtout l'ovalisation du tube dans lequel tournent les fusées, car les réparations seraient très-coûteuses. Mais la perfection du graissage est telle, que ce fait ne s'est pas produit, et l'on paraît maintenant compter sur une longue durée. Il serait possible néanmoins, selon l'observation de M. de Braquemont, qu'on trouvât avantageux, par la suite, de durcir les fusées et les parties correspondantes du tube au moyen d'une trempe au paquet; car, d'après le principe même de l'appareil, le graissage cesserait de bien fonctionner, dès que l'intervalle entre les surfaces frottantes ne serait plus capillaire.

Peut-être peut-on reprocher au nouveau système d'être un peu plus boiteux que l'ancien, comme frais de construction, mais il est tellement supérieur à ce dernier sous tous les autres rapports, qu'il constitue, à l'égard de celui-ci, un perfectionnement réel et fort important.

Le comité des arts mécaniques a l'honneur, Messieurs, de vous proposer de remercier M. Évrard de son intéressante communication et d'ordonner l'insertion, dans le *Bulletin*, du présent rapport, ainsi que du dessin du nouveau type.

Signé PHILLIPS, rapporteur.

Approuvé en séance, le 17 décembre 1862.

Fig. 1.

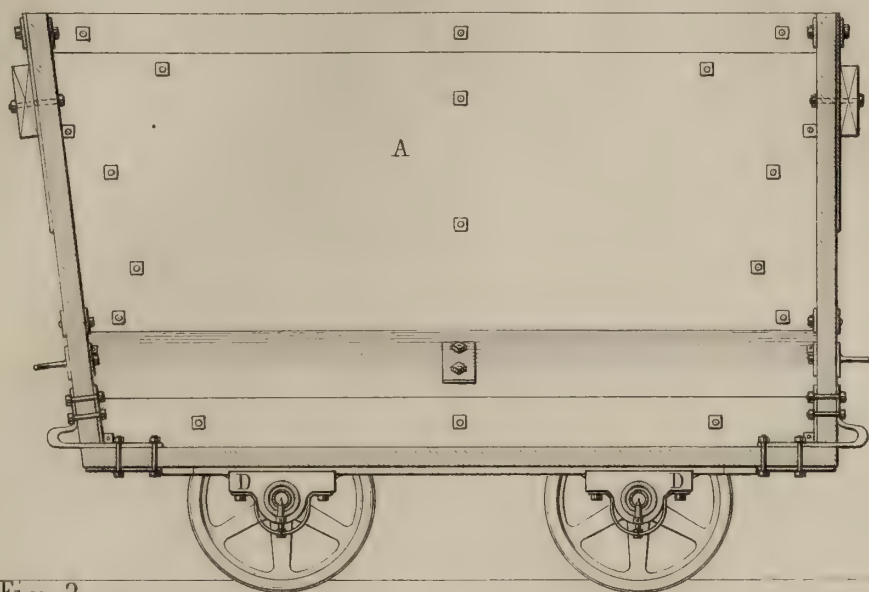


Fig. 2.

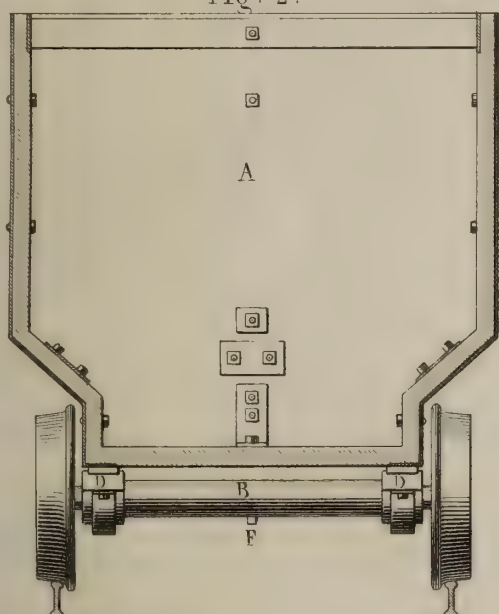


Fig. 3.

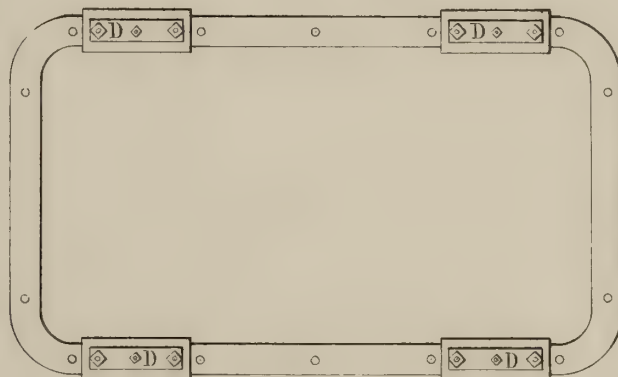
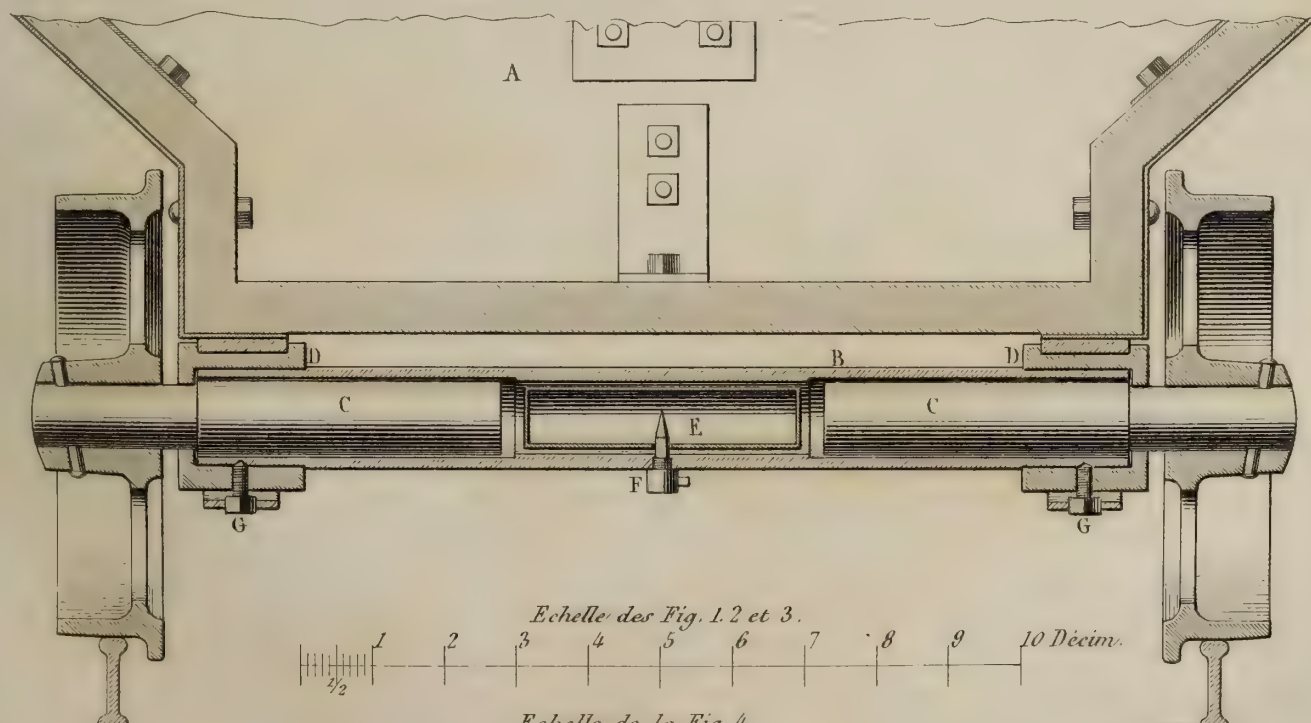
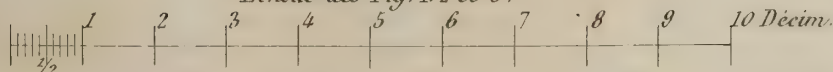


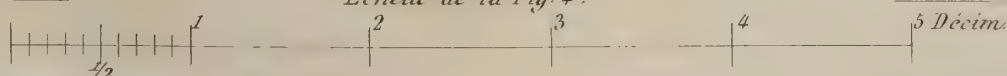
Fig. 4.



Echelle des Fig. 1, 2 et 3.



Echelle de la Fig. 4.



BIBLIOGRAPHIE.

RAPPORT fait par M. SALVÉTAT, au nom du comité des arts chimiques, sur un ouvrage intitulé LE TEINTURIER AU XIX^e SIÈCLE, présenté par l'auteur, M. THÉOPHILE GRISON, fabricant d'extraits, à Déville-les-Rouen (Seine-Inférieure).

Messieurs, M. Théophile Grison, actuellement chimiste et chef d'une importante fabrication d'extraits à Déville-les-Rouen (Seine-Inférieure), a soumis à l'examen de la Société d'encouragement l'ouvrage qu'il a publié sous le titre de : *Le Teinturier au XIX^e siècle* (1).

Votre comité des arts chimiques, à l'étude duquel vous avez renvoyé l'ouvrage dont il s'agit, m'a chargé de vous en rendre compte, et j'accomplis aujourd'hui, avec un très-grand plaisir, la mission que vous avez bien voulu me confier.

L'art de teindre les étoffes de laine et les tissus dans lesquels la soie, la laine et le coton se trouvent mélangés a fait, depuis environ vingt ans, un tel progrès, que les anciens procédés sont à peine employés. Suivre les anciens errements serait se placer immédiatement hors d'état de lutter avec des concurrents capables de mettre de suite en pratique les découvertes que la science moderne utilise tous les jours, en quelque sorte au jour le jour.

Avant tout, dans l'époque actuelle, il faut, aux industries qui marchent vite, des hommes dévoués qui, les uns par une généreuse initiative, les autres par pur désintéressement, sèment, sur le terrain qu'ils cultivent ou sur celui qu'ils désertent, des notions certaines obtenues, soit sans peine, soit au prix de sacrifices considérables, semences prêtes à fructifier entre des mains plus neuves ou plus habiles. L'art de la teinture en est là.

Les anciennes industries, celles qui avaient autrefois intérêt à taire leurs procédés, celles qui les recélaient entre des mains discrètes, auxquelles même le serment était réclamé, ces industries ont fait leur temps; l'art de la teinture, en particulier, qui doit actuellement ses plus saisissants progrès aux découvertes de la chimie moderne, a tout à gagner en adoptant largement ce système de publicité qui développe et féconde.

M. Grison l'a compris; désormais étranger à l'application directe et immédiate des matières tinctoriales, fabricant distingué de produits chimiques et

(1) Imprimerie de D. Brière. Rouen, 1860.

d'extraits propres à la teinture, il n'a pas voulu que le résultat de son expérience fût perdu pour tous; il a cru pouvoir être utile aux teinturiers de son époque, et cette pensée l'a conduit à publier, sous forme méthodique, un ensemble complet des documents qu'une longue pratique a mis sous sa main, documents spéciaux bien capables de combler les lacunes des ouvrages, méritants sans doute, dont la théorie devait faire le fond principal et dans lesquels le détail des manipulations se trouve insuffisant.

Sans méconnaître la valeur des livres publiés avant le sien, M. Grison donne à la génération qui s'élève, libéralement, avec lucidité, avec conviction, le fruit des expériences qu'il a faites dans les ateliers, et c'est avec raison qu'il espère que ceux qui liront son livre apprécieront ce qu'il renferme de renseignements précieux.

Votre comité croit pouvoir recommander au public, auprès duquel cet ouvrage présente un intérêt tout spécial, les conseils d'un homme qui s'est instruit en travaillant lui-même. Les nombreux spécimens de tissus intercalés dans le texte, remarquables par l'éclat des couleurs et la réussite des teintures, ajoutent au prix de ce volume, qu'ils illustrent réellement en fournissant des types qu'on peut reproduire en suivant les prescriptions correspondantes.

M. Grison ne se bornera pas à l'édition qu'il a soumise à l'approbation de la Société. Il pense trouver dans l'accueil que vous lui ferez un puissant concours pour poursuivre son œuvre, et il espère bientôt pouvoir publier, avec l'appui d'un premier encouragement moral, la suite de ses expériences, en tant qu'elles s'appliquent plus particulièrement aux tissus de soie, etc., de coton, d'une part, et aux étoffes imprimées, d'autre part.

L'ouvrage de M. Grison peut, dès à présent, prendre place dans la bibliothèque du teinturier, par sa valeur réelle d'abord, par le choix des échantillons dont il est enrichi; comme première partie d'un traité plus complet, il est digne d'encouragement, et mérite à tous ces titres l'approbation de votre Société.

En conséquence, votre comité des arts chimiques a l'honneur de vous proposer :

- 1° De remercier M. Grison du don de son livre;
- 2° De l'inviter à poursuivre son travail;
- 3° De voter l'insertion du présent rapport dans le *Bulletin* de la Société.

Signé SALVÉTAT, rapporteur.

Approuvé en séance, le 20 mai 1863.

ARTS MÉCANIQUES.

EXPOSÉ DES PRINCIPES DE LA THÉORIE MÉCANIQUE DE LA CHALEUR ET DE SES APPLICATIONS PRINCIPALES, PAR M. CH. COMBES. (*Suite du chapitre II.*) (1)

(Le lecteur est prié de supprimer les deux derniers alinéas du § XX (p. 97 et 98 du *Bulletin* de février 1863), qui contiennent une erreur grave et doivent être remplacés par le § XXI qui terminera le chapitre II.)

XXI. La discussion précédente nous donne la limite supérieure du travail moteur que peut fournir, par chaque révolution complète de l'arbre des manivelles, la machine de M. Franchot, dans des conditions régulières de marche, les températures T et t des cylindres chaud et froid étant entretenues constantes. Elle ne nous apprend rien sur les quantités de chaleur que l'air doit recevoir dans le cylindre chaud et abandonner dans le cylindre froid, pour que la fixité des températures soit maintenue. La théorie mécanique de la chaleur peut seule nous éclairer à cet égard.

Les conditions dans lesquelles l'air est alternativement dilaté et comprimé sont ici différentes de celles que nous avons considérées dans le § XIX. La température n'est à aucun instant la même dans toute la masse d'air qui remplit l'appareil au-dessus et au-dessous des deux pistons; l'air, au lieu de se dilater seulement dans le cylindre chaud à la température T , se dilate en partie dans le cylindre froid à la température t , et inversement il est en partie comprimé dans le cylindre chaud; enfin il cède et reprend alternativement de la chaleur aux toiles métalliques, suivant qu'il passe du cylindre chaud au cylindre froid ou de celui-ci dans le premier. Néanmoins, à la fin de chaque période de mouvement, c'est-à-dire de chaque révolution complète de l'arbre des manivelles, toutes les parties de la masse d'air sont revenues chacune à l'état de pression, de volume et de température, par conséquent aussi de chaleur interne où elles étaient au commencement de la période. Toutes les parties des toiles métalliques sont aussi revenues chacune à leur température initiale. Donc la totalité de la chaleur communiquée à l'air dans le cylindre chaud a disparu en donnant lieu à un travail moteur équivalent, ou est passée au cylindre froid d'où elle a été soustraite par un réfrigérant extérieur. En outre, l'air, dans les déplacements et variations de volume et de pression qu'il a subis, ne s'est jamais trouvé en contact qu'avec des corps (les toiles ou les parois de l'appareil) dont la température ne différait de la sienne, en plus ou en moins, que d'une quantité infiniment petite, puisque nous admettons que les toiles métalliques ont une masse et une superficie assez grandes pour que les températures aux extrémités des conduits qui en sont garnis ne diffèrent pas respectivement de celles des cylindres auxquels ces conduits aboutissent.

(1) Voir les *Bulletins* de janvier 1863, p. 12, et de février, p. 69.

Soient un poids d'air infiniment petit π ; v son volume lorsqu'il entre dans le cylindre chaud, dont il possède déjà la température T ; v' son volume lorsqu'il sort du même cylindre, à la même température. Quelles que soient les variations par lesquelles le poids d'air π a passé du volume initial v au volume final v' , sa température étant demeurée constamment égale à T , nous savons que la dilatation a donné lieu au développement d'un travail mécanique extérieur, exprimé par $\pi R (a + T) L \cdot \frac{v}{v'}$ et que, par conséquent il a reçu du cylindre ou de la source de chaleur dans laquelle il est plongé une quantité de chaleur équivalente, égale par conséquent à $A \pi R (a + T) L \cdot \frac{v}{v'}$.

Si donc nous désignons par Q la quantité totale de chaleur puisée par l'air à la source supérieure de chaleur pendant une période de mouvement, et par F le travail moteur développé correspondant, nous aurons :

$$F = R (a + T) \Sigma \pi L \cdot \frac{v}{v'},$$

et

$$Q = AR (a + T) \Sigma \pi L \cdot \frac{v}{v'}.$$

Le signe Σ indique une somme de termes qui s'étend à toutes les parties du poids d'air total entré dans le cylindre chaud pendant une période de mouvement, chacune de ces parties étant respectivement multipliée par le logarithme népérien du rapport $\frac{v}{v'}$ de son volume initial à son volume final.

Soient de même π_1 un poids d'air infiniment petit ; v_1 son volume au moment où il entre dans le cylindre froid dont il possède déjà la température t ; v'_1 son volume lorsqu'il sort du même cylindre à la même température. La réduction du volume initial v_1 au volume final v'_1 , tandis que la température demeurerait constamment égale à t , a exigé l'application d'un travail mécanique externe égal à $\pi_1 R (a + t) L \cdot \frac{v_1}{v'_1}$ et donné lieu au dégagement d'une quantité de chaleur équivalente, égale par conséquent à $A \pi_1 R (a + t) L \cdot \frac{v_1}{v'_1}$, chaleur qui s'est écoulée par les parois du cylindre froid dans la source inférieure de chaleur à température constante où ce cylindre est plongé. Si donc nous désignons par F' la totalité du travail appliqué à la compression de l'air dans le cylindre froid pendant une période de mouvement de la machine, et par Q' la chaleur que la source inférieure a dû soustraire au cylindre froid pour que sa température ne s'élève pas, nous aurons :

$$F' = R (a + t) \Sigma \pi_1 L \cdot \frac{v_1}{v'_1},$$

$$Q' = AR (a + t) \Sigma \pi_1 L \cdot \frac{v_1}{v'_1}.$$

Les sommes $\Sigma \pi_1$ et $\Sigma \pi$ sont égales entre elles ; car chacune désigne le poids d'air to-

tal qui, à chaque révolution de l'arbre des manivelles, passe d'un cylindre à l'autre.

Je dis qu'il en est de même des sommes $\Sigma \pi L \frac{v}{v'}$ et $\Sigma \pi_1 L \frac{v_1}{v'_1}$.

Si l'on renversait, en effet, le sens du mouvement de la machine, de telle sorte que la manivelle du piston du cylindre froid précédât, au lieu de suivre, de 90° la manivelle du piston du cylindre chaud, les mêmes variations de volume qui, dans la marche directe, avaient lieu dans le cylindre chaud auraient lieu maintenant dans le cylindre froid et réciproquement, c'est-à-dire que les poids d'air π_1 seraient réduits, dans le cylindre chaud, des volumes v_1 aux volumes respectifs v'_1 , tandis que les poids π seraient augmentés, dans le cylindre froid, des volumes v aux volumes respectifs v' . Comme les volumes v_1 seraient changés en v'_1 à la température T , cela exigerait une dépense de travail mécanique égale à

$$R (a + T) \Sigma \pi_1 L \cdot \frac{v_1}{v'_1},$$

et donnerait lieu à un écoulement de chaleur dans la source supérieure, à travers les parois du cylindre chaud, égal à $AR (a + T) \Sigma \pi_1 L \cdot \frac{v_1}{v'_1}$.

Les volumes v étant changés en v' dans le cylindre froid à la température t , cela produirait un travail moteur égal à $R (a + t) \Sigma \pi L \cdot \frac{v}{v'}$, pour lequel la source inférieure de chaleur aurait à fournir, pour maintenir la température, une quantité de chaleur égale à $AR (a + t) \Sigma \pi L \cdot \frac{v}{v'}$.

L'excès de la quantité de chaleur versée dans la source supérieure sur la chaleur puisée à la source inférieure serait donc, dans une période de mouvement rétrograde :

$$AR \left[(a + T) \Sigma \pi_1 L \cdot \frac{v_1}{v'_1} - (a + t) \Sigma \pi L \cdot \frac{v}{v'} \right]. \quad (a)$$

Or nous avons vu que, dans une période de mouvement directe, l'excès de la chaleur puisée à la source supérieure sur la chaleur versée dans la source inférieure est :

$$AR \left[(a + T) \Sigma \pi L \cdot \frac{v}{v'} - (a + t) \Sigma \pi_1 L \cdot \frac{v_1}{v'_1} \right]. \quad (b)$$

Nous savons d'ailleurs qu'après deux périodes de mouvement, l'une directe et l'autre rétrograde, les quantités de chaleur échangées entre les deux sources se compensent exactement, comme les quantités de travail mécanique externe développé ou subi par la masse d'air intermédiaire. Donc l'excès (a) doit être égal à l'excès (b) et l'on a, par conséquent,

$$\begin{aligned} & AR \left[(a + T) \Sigma \pi_1 L \cdot \frac{v_1}{v'_1} - (a + t) \Sigma \pi L \cdot \frac{v}{v'} \right] \\ &= AR \left[(a + T) \Sigma \pi L \cdot \frac{v}{v'} - (a + t) \Sigma \pi_1 L \cdot \frac{v_1}{v'_1} \right]. \end{aligned}$$

Supprimant le facteur AR et réunissant dans un même membre les termes dans lesquels entre la même somme Σ , l'équation précédente devient :

$$(2a + T + t) \Sigma \pi_1 L \cdot \frac{v_1}{v'_1} = (2a + T + t) \Sigma \pi L \cdot \frac{v}{v'},$$

ce qui exige que $\Sigma \pi_1 L \cdot \frac{v_1}{v'_1} = \Sigma \pi L \cdot \frac{v}{v'}$, comme nous l'avions annoncé.

Revenant maintenant à considérer le mouvement direct de la machine, nous trouvons pour l'excès de la chaleur puisée à la source supérieure sur la chaleur versée dans la source inférieure où le cylindre froid est plongé, dans chaque période de mouvement :

$$Q - Q' = AR (T - t) \Sigma \pi L \cdot \frac{v}{v'}. \quad (1)$$

Le rapport de cette chaleur qui a disparu et a donné lieu au travail moteur fourni par l'appareil, à la chaleur puisée à la source supérieure, c'est-à-dire à ce qu'on appellerait dans la pratique la *chaleur dépensée*, est :

$$\frac{Q - Q'}{Q} = \frac{T - t}{a + T}. \quad (2)$$

Le rapport de cette même chaleur convertie en travail à la chaleur versée dans la source inférieure, et qui a dû être soustraite au cylindre froid, est :

$$\frac{Q - Q'}{Q'} = \frac{T - t}{a + t}. \quad (3)$$

Ces rapports sont, on le voit, exactement les mêmes que si l'air qui passe alternativement d'un cylindre à l'autre eût été alternativement dilaté dans le cylindre chaud, ramené par une dilatation plus étendue, sans addition ni soustraction de chaleur, à la température du cylindre froid, comprimé ensuite dans le cylindre froid et enfin ramené par une compression plus étendue, sans addition ni soustraction de chaleur, à son état initial de volume, de pression, de température et par conséquent de chaleur interne, suivant les phases et les conditions décrites au § XIX.

Les toiles métalliques qui empruntent à l'air passant du cylindre chaud au cylindre froid une chaleur qu'elles lui restituent intégralement, lorsqu'il repasse du cylindre froid au cylindre chaud, produisent le même effet que la dilatation et la compression, sans addition ni soustraction de chaleur, en donnant lieu à des quantités de travail mécanique positif et négatif qui se compensent mutuellement, ainsi que cela a lieu pour la dilatation et la compression sans variation de chaleur.

Désignant maintenant par Θ le travail moteur fourni par la machine de M. Franchot, dans une période de mouvement direct, travail dont nous avons calculé numériquement la valeur dans le § XX, pour des valeurs données de T , t , L et l , l'on a :

$$\Theta = F - F' = \frac{Q - Q'}{A} = R (T - t) \Sigma \pi L \cdot \frac{v}{v'}; \quad (m)$$

remplaçant dans cette expression $Q - Q'$ par sa valeur tirée de l'équation (2) ci-dessus, il vient :

$$\Theta = \frac{1}{A} Q \frac{T - t}{a + T}. \quad (n)$$

Remplaçant $Q - Q'$ par sa valeur tirée de l'équation (5) ci-dessus :

$$\Theta = \frac{1}{A} Q' \frac{T - t}{a + T}. \quad (p)$$

Les trois équations (m), (n), (p) nous font connaître les relations existantes entre le travail Θ fourni par la machine, la quantité de chaleur Q reçue par l'air dans le cylindre chaud, qui est en pratique la chaleur dépensée, et la quantité de chaleur Q' transmise au cylindre froid et qui doit s'écouler dans le réfrigérant.

Nous avons trouvé, § XX, que pour $T = 200^\circ$, $t = 0$, $L = 1$ et $l = 0,25$, on a très-approximativement :

$$\Theta = 2,844456 pS^{k \times m}.$$

L'équation (n) nous donne, pour la chaleur *dépensée*, en remplaçant $\frac{1}{A}$ par sa valeur 424 :

$$Q = \frac{1}{424} \times \frac{473}{200} \times 2,844456 pS,$$

L'équation (p) nous donne pour la chaleur transmise au réfrigérant à la température de 0° :

$$Q' = \frac{1}{424} \times \frac{273}{200} \times 2,844456 pS.$$

Enfin l'équation (m) nous donne pour la chaleur disparue et convertie en travail :

$$Q - Q' = \frac{1}{424} \times 2,844456 pS.$$

On peut dire que, de la chaleur *dépensée* Q , cette partie est seule utilisée, en considérant comme perdue celle qui est versée au condenseur. D'où l'on voit que la chaleur perdue Q' est à la chaleur utilisée $Q - Q'$ comme 273 : 200, et à la chaleur totale dépensée Q comme 273 : 473; qu'enfin la chaleur utilisée en travail mécanique est les $\frac{200}{473}$ de la chaleur totale dépensée. Cette proportion est la limite supérieure de ce que l'on peut obtenir au moyen d'un corps quelconque qui fait une évolution complète entre deux sources indéfinies de chaleur dont les températures diffèrent de 200° . Généralement la limite supérieure du rapport de la chaleur utilisée à la chaleur dépensée est exprimée par $\frac{Q - Q'}{Q} = \frac{T - t}{273 + T}$, c'est-à-dire que cette limite est proportionnelle à l'écart des températures des deux sources de chaleur et en raison inverse de la température absolue de la source supérieure. Pour que le rapport $\frac{Q - Q'}{Q}$ pût de-

venir égal à l'unité, il faudrait que l'on eût $t = - 273$, c'est-à-dire que l'on descendît jusqu'au 0 absolu de la température.

La machine conçue par M. Franchot est donc dans les meilleures conditions théoriques; elle me paraît même pouvoir être réalisée et avantageusement appliquée, dans plusieurs cas, malgré d'assez grandes difficultés pratiques. C'est pourquoi je n'ai pas craint de donner à son sujet des détails étendus, qui ne me semblent dépourvus ni d'intérêt ni d'utilité.

CHAPITRE III.

Des vapeurs.

XXII. Les vapeurs diffèrent des gaz en ceci seulement qu'elles se liquéfient à des températures et sous des pressions qui se rencontrent naturellement à la surface du globe, ou que nous pouvons réaliser par des moyens artificiels. Les phénomènes qui accompagnent le passage d'une substance de l'état liquide à l'état gazeux ou inversement, ainsi que les propriétés des vapeurs, ont été récemment l'objet de travaux fort étendus de la part de M. Regnault; les méthodes nouvelles et variées imaginées par ce savant physicien, la grandeur des appareils dont il a fait usage, l'infatigable persévérance avec laquelle il a poursuivi ses expériences lui ont permis d'apporter dans ce genre de recherches un degré de précision que n'avaient point atteint ses devanciers. Nous commencerons par exposer brièvement les résultats auxquels il est parvenu; mais il est nécessaire de rappeler d'abord les notions générales acquises depuis longtemps sur ce sujet.

Concevons un vase entièrement rempli d'eau, d'alcool ou de toute autre substance liquide et dont on puisse faire varier la capacité. Ce sera, par exemple, un cylindre alésé dans lequel jouera un piston, joignant hermétiquement les parois et qui sera primitivement appliqué sur la surface du liquide. Tout l'ensemble étant à une température déterminée et que nous supposons entretenue constante par une source infinie de chaleur, si l'on augmente la capacité du vase en élevant le piston, une partie du liquide se réduit en vapeur qui remplit la totalité de l'espace engendré par le déplacement du piston, et exerce sur ses parois une pression que l'on peut mesurer à l'aide d'un appareil barométrique. Cette pression est la même pour un liquide donné, tant que la température demeure constante et qu'il reste quelque partie de liquide dans le vase. La capacité de celui-ci vient-elle à diminuer par l'abaissement du piston, une partie de la vapeur se liquéfie, mais celle qui remplit l'espace restant libre au-dessus du liquide conserve invariablement la même pression. Pour que les choses se passent exactement comme nous venons de le dire, il suffit que les variations de capacité du vase aient lieu avec une extrême lenteur. Si elles étaient rapides, elles seraient accompagnées de variations dans la pression et la température de la vapeur. Mais, une fois la température ramenée à la valeur primitive par une addition ou une soustraction de chaleur empruntée ou cédée à la source extérieure que nous supposons de température absolument invariable, la pression de la vapeur redeviendrait aussi

exactement égale à ce qu'elle était avant l'accroissement ou la diminution rapide du volume qu'elle occupe.

A mesure que le vase s'agrandit, de nouvelles portions du liquide qu'il renferme se vaporisent, et il arrivera un terme où la totalité sera convertie en vapeur. A partir de ce point, si la capacité du vase augmente encore, la température étant toujours maintenue constante, aucune portion nouvelle de vapeur ne pouvant plus s'ajouter à celle qui est déjà formée, celle-ci se dilatera et sa pression diminuera en même temps que sa densité. La loi de cette diminution, dans les instants qui suivent la vaporisation totale du liquide, n'a été déterminée expérimentalement pour aucune substance d'une façon précise ; mais nous sommes autorisé à induire des expériences de M. Regnault sur l'acide sulfureux, le gaz ammoniac, les acides sulfhydrique et carbonique, etc., à des températures très-supérieures à celle où une réduction de volume, sans variation de température, aurait occasionné une liquéfaction partielle, que cette loi s'écarte beaucoup de celle de Mariotte et que la pression d'une vapeur, à partir du moment où la totalité du liquide est gazéifiée, décroît dans un rapport plus grand que le volume n'augmente, de telle sorte que si, par exemple, le volume est doublé, la pression sera réduite à moins de moitié de la pression primitive.

Quoi qu'il en soit, la vapeur au contact du liquide dont elle émane, à une température donnée et entretenue constante t , possède une force élastique et exerce une pression dépendante uniquement de cette température. Sa densité ou l'inverse de la densité, c'est-à-dire le volume occupé par l'unité de poids de la vapeur, dépend par conséquent aussi de la température seule. Cette pression et cette densité sont, en outre, les plus grandes sous lesquelles la vapeur puisse exister à la température fixe t ; car toute tentative de réduire le volume et d'augmenter la pression n'a d'autre résultat que la liquéfaction d'une partie de la vapeur proportionnelle à la réduction du volume occupé. Dans ces conditions, on dit que l'espace est saturé de vapeur, ou bien que la vapeur est à l'état de *saturation* ou à son maximum de densité à la température t . Désignant donc par p la force élastique d'une vapeur à l'état de saturation et par t la température correspondante, il existe entre ces deux éléments une relation

$$p = \varphi (t)$$

qui serait l'équation de la courbe continue, dont les abscisses représenteraient les degrés de température et les ordonnées les pressions respectivement correspondantes de la vapeur, telles que l'expérience les donne. On aurait aussi, en appelant v le volume de l'unité de poids de vapeur à l'état de saturation, une relation

$$v = f (t)$$

qui serait l'équation de la courbe continue construite sur les mêmes abscisses que la précédente, et dont les ordonnées représenteraient le volume v . Ces courbes, une fois construites pour une vapeur donnée, feront connaître le maximum de pression et le minimum de volume de l'unité de poids sous lesquels elle pourra exister à chaque température t . Si elle se rencontre, à la température t , exerçant une pression p' moindre que

l'ordonnée p de la courbe $p = \varphi(t)$, on sera certain qu'elle est absolument *sèche*, c'est-à-dire qu'elle n'est mêlée d'aucune partie du liquide dont elle émane. On dit alors que la vapeur est *surchauffée*, et cette expression est parfaitement juste. En effet, la vapeur à l'état de saturation posséderait la force élastique ou pression p' , à une certaine température t' moindre que t et telle qu'on aurait : $p' = \varphi(t')$. On peut concevoir que cette vapeur, étant alors séparée du liquide générateur, reçoive de la chaleur d'une source extérieure, par suite de laquelle sa température s'élève de t' à t , en même temps qu'on augmente son volume de manière que la pression p' ne varie pas; d'où l'on voit que la vapeur, à la température t et sous la pression p' plus petite que p , peut toujours être considérée comme provenant de l'échauffement de la vapeur à l'état de saturation à une température moindre et sous la même pression, qui se serait dilatée en même temps qu'elle recevait de la chaleur.

Pour les vapeurs surchauffées, au lieu des équations $p = \varphi(t)$, $v = f(t)$, on a une relation entre les trois quantités p , v et t sur laquelle nous ne possédons de notions expérimentales un peu précises qu'à partir de limites extrêmement écartées de celles qui correspondent à l'état de saturation.

Des vapeurs à l'état de saturation.

XXIII. M. Regnault a déterminé, par un très-grand nombre d'expériences poursuivies avec l'habileté et la persévérance qui le distinguent, les courbes des pressions de la vapeur d'eau et de plusieurs autres vapeurs à l'état de saturation, entre des limites de températures assez écartées. Il nous est impossible de reproduire ici les tracés des courbes et d'entrer dans les détails de ces expériences; nous devons nous borner à donner les dernières conclusions de ce grand travail.

En cherchant, à l'exemple des physiciens qui l'ont précédé, des équations empiriques qui représentassent, avec une grande approximation, les faits observés et pussent suppléer aux courbes construites sur les températures et les pressions comme coordonnées, M. Regnault a été conduit à adopter la formule générale suivante, que M. Biot avait déjà proposée et essayée :

$$\text{Log. } F = a + b\alpha^t + c\beta^t,$$

où F désigne la force élastique ou la pression d'une vapeur à l'état de saturation, t la température, a , b , c , α et β cinq constantes à déterminer pour chaque espèce de vapeur, de manière que l'équation satisfasse aux résultats de cinq observations convenablement choisies près des limites et dans l'intervalle des températures auxquelles les expériences ont été étendues. Il remarque d'ailleurs que le calcul donne toujours pour le terme $c\beta^t$ des valeurs extrêmement petites, qui n'influent sensiblement que sur les valeurs de F très-petites et correspondantes aux températures les plus basses, de sorte que la formule à une seule exponentielle

$$\text{Log. } F = a + b\alpha^t$$

représente avec un degré d'exactitude très-suffisant l'ensemble des observations, dans

un intervalle déjà considérable de températures. Les trois constantes a , b , α peuvent être déterminées au moyen de trois observations choisies aux températures extrêmes, et au milieu de l'intervalle auquel la formule est applicable. Dans tous les cas, sans exception, la valeur calculée pour la constante α est une fraction très-rapprochée de l'unité; d'ailleurs, la constante b est affectée du signe —. Il en résulte que le terme subtractif $b\alpha^t$ diminue à mesure que la température augmente, et deviendrait nul pour une température infinie. Le logarithme de la pression et la pression elle-même ne croîtraient donc pas indéfiniment avec la température, mais convergeraient vers une limite fixe et déterminée. La formule adoptée est, sur ce point, en harmonie avec les tracés des courbes donnés par les expériences, dont les ordonnées semblent ne pas croître indéfiniment et qui paraissent avoir une asymptote parallèle à l'axe des températures.

La constante b étant toujours négative, on peut écrire la formule sous la forme :

$$\text{Log. } F = a - b\alpha^t,$$

b désignant cette fois un nombre positif.

Je donne le tableau des valeurs des constantes a , b et α de cette dernière formule, telles que M. Regnault les a calculées pour 28 substances qu'il a soumises à l'expérience. Ce tableau diffère de celui qui se trouve à la page 654 du second volume de la *Relation des expériences...*, etc., en ce que j'ai mis le signe—en évidence devant le second terme, afin de pouvoir donner la constante b par son logarithme qu'il faut employer dans le calcul, et en ce que j'ai ramené au 0 du thermomètre centigrade, le point de départ de toutes les températures t , tandis que M. Regnault a compté les températures t à partir d'une origine ou d'un zéro qui varie d'une vapeur à une autre.

Ainsi, pour la vapeur d'eau, les températures t sont comptées, par M. Regnault, à partir de 20° au-dessous de 0 du thermomètre centigrade; pour la vapeur de chloroforme, à partir de 20° au-dessus du même zéro, etc. Le déplacement du 0 ou du point de départ des températures t n'entraîne aucun changement dans les valeurs des constantes a et α , et n'influe que sur la valeur de la constante b . En effet, soit τ le point de départ des températures t dans la formule $\text{Log. } F = a - b\alpha^t$ de M. Regnault. En comptant les températures à partir du 0 de l'échelle thermométrique, l'exposant t va être remplacé par $t + \tau$ et en désignant par a' , b' et α' les valeurs des constantes qui conviennent à cette nouvelle origine, on a :

$$\text{Log. } F = a' - b'\alpha'^{t+\tau}.$$

Les deux formules devant donner les mêmes valeurs de F pour les mêmes valeurs de t , on doit avoir identiquement :

$$a - b\alpha^t = a' - b'\alpha'^{t+\tau},$$

quelle que soit la valeur de t , ce qui exige que l'on ait séparément :

$$a' = a \quad \text{et} \quad b'\alpha'^{t+\tau} = b\alpha^t.$$

Prenant les logarithmes des deux membres de la seconde équation, on a :

$$\text{Log. } b' + (t + \tau) \text{Log. } \alpha' = \text{Log. } b + t \text{Log. } \alpha,$$

ou bien

$$\text{Log. } b' + \tau \text{ Log. } a' + t \text{ Log. } a' = \text{Log. } b + t \text{ Log. } a.$$

Cette dernière équation devant être satisfaite pour une valeur quelconque de t , il faut qu'on ait séparément :

$$t \text{ Log. } a' = t \text{ Log. } a, \quad \text{d'où} \quad a' = a,$$

et en remplaçant maintenant a' par a :

$$\text{Log. } b' + \tau \text{ Log. } a = \text{Log. } b,$$

d'où

$$\text{Log. } b' = \text{Log. } b - \tau \text{ Log. } a.$$

Ainsi, dans la formule où les températures t partent du 0 de l'échelle thermométrique ordinaire, les constantes a et a conservent les valeurs calculées par M. Regnault. La constante b change seule, et pour obtenir la valeur modifiée il suffit de retrancher du logarithme de la valeur de b inscrite dans le tableau de M. Regnault le produit de $\log. a$ par τ . τ est, d'ailleurs, tantôt positif, tantôt négatif.

Voici deux exemples de ce calcul :

Pour la vapeur d'eau, les valeurs calculées par M. Regnault sont : $a = 5,4233177$, $b = -5,4642763$, $\log. a = 1,9972311$. Sa formule est $\log. F = a + b\alpha'$, et la température t qui figure en exposant est égale à $T + 20^\circ$, T désignant la température comptée sur l'échelle et à partir du zéro du thermomètre centigrade, ce qui revient à dire que les températures t sont comptées à partir de -20° . Donc ici $\tau = -20$ et $\log. b' = \log. b + 20 \log. a$.

$$\begin{array}{rcl} \text{Log. } a = 1,9972311 & 20 \times \text{Log } a = & 1,9446220 \\ \text{Log. } b = \text{Log. } 5,4233177 & & = 0,7375327 \\ \text{Log. } b' = \text{Log. } b + 20 \text{ Log. } a & & = \underline{0,6821547} \end{array}$$

Cette valeur de $\log. b'$ est celle qui est inscrite dans le tableau sous le titre de $\log. b$.

Pour la vapeur d'éther méthyloxylique, les valeurs calculées par M. Regnault sont

$$a = 5,0794019, \quad b = -2,9973350, \quad \text{Log. } a = 1,9974606,$$

et dans la formule

$$\text{Log. } F = a + b\alpha', \quad \text{l'on a } t = T - 110,$$

c'est-à-dire que les températures t sont comptées à partir de 110° au-dessus du zéro du thermomètre centigrade, on a donc

$$\begin{array}{rcl} \tau = 110 \quad \text{et} \quad \text{Log. } b' = \text{Log. } b - 110 \text{ Log. } a, & & \\ \text{Log. } b = \text{Log. } 2,9973350 = 0,4767353 & & \\ - 110 \text{ Log. } a = - 110 \times 1,9974606 = 0,2793340 & & \\ \text{Log. } b' = \text{Log. } b - 110 \text{ Log. } a = \underline{0,7560693}. & & \end{array}$$

C'est la valeur de $\log. b$ inscrite dans le tableau à la colonne de l'éther méthyloxylique.

TABEAU des valeurs des constantes de la formule $\text{Log. } F = a - b \alpha^t$, où F exprime la pression de la vapeur en millimètres de mercure et t la température accusée par le thermomètre centigrade. La dernière colonne donne, d'après *M. Regnault*, p. 658 du 2^e volume de la Relation des expériences, etc., les températures d'ébullition des divers liquides sous la pression de 760 millimètres de mercure.

NATURE DES LIQUIDES.	CONSTANTES DE LA FORMULE $\text{Log. } F = a - b \alpha^t$			LIMITES DES TEMPÉRATURES entre lesquelles les constantes de la formule sont calculées.	TEMPÉRATURES d'ébullition sous la pression de 760 millimètres de mercure.
	$a.$	$\text{Log. } b.$	$\text{Log. } \alpha.$		
Eau.....	5,4233177	0,6821547	$\bar{1}.9972311$	— 20 et + 220	100 »
Alcool.....	5,5431975	0,6446983	$\bar{1}.9972021$	— 20 et + 150	78,26
Éther.....	5,1783777	0,4647731	$\bar{1}.9970503$	— 20 et + 120	34,97
Sulfure de carbone.....	5,0330157	0,4680207	$\bar{1}.9970960$	— 20 et + 140	46,20
Chloroforme.....	5,0858959	0,5167502	$\bar{1}.9971359$	+ 20 et + 164	60,16
Benzine.....	4,6766684	0,5277083	$\bar{1}.9965676$	— 24 et + 164	80,36
Chlorure de carbone, $\text{C}^2 \text{Cl}^3$..	4,9193542	0,5353896	$\bar{1}.9970602$	— 20 et + 188	76,50
Éther chlorhydrique.....	5,0708377	0,3830832	$\bar{1}.9967117$	— 32 et + 92	12,50
Éther bromhydrique.....	5,0624175	0,4573330	$\bar{1}.9969523$	— 24 et + 136	38,37
Éther iodhydrique.....	4,5800247	0,4708905	$\bar{1}.9966846$	+ 8 et + 150	»
Esprit-de-bois.....	5,3214897	0,5925495	$\bar{1}.9969288$	— 14 et + 142	66,78
Hydrocarbure de brôme....	5,5784750	0,6803487	$\bar{1}.9981344$	— 28 et + 224	131,60
Acétone.....	5,1516936	0,5191489	$\bar{1}.9971210$	+ 22 et + 138	56,30
Chlorure de silicium.....	4,5959425	0,4319599	$\bar{1}.9965260$	— 26 et + 62	56,81
Chlorure phosphoreux.....	4,7479108	0,5008340	$\bar{1}.9968895$	0 et + 68	73,80
Chlorure de bore.....	4,8499449	0,3554651	$\bar{1}.9966440$	— 27 et + 81	18,23
Chlorure de cyanogène.....	4,6723407	0,3150692	$\bar{1}.9954023$	— 30 et + 70	12,66
Éther méthylalique.....	5,0794019	0,7560693	$\bar{1}.9974606$	+110 et + 250	164,20
Essence de térébenthine.....	6,1736369	0,7677246	$\bar{1}.9984296$	0 et + 160	159,15
Mercure.....	6,0617954	0,8899046	$\bar{1}.9989249$	0 et + 512	357,25
Soufre.....	5,1545031	0,4384743	$\bar{1}.9986684$	0 et + 553	490 »
Acide sulfureux.....	5,2802250	0,3457563	$\bar{1}.9965172$	— 28 et + 62	— 10,08
Éther méthylique.....	5,2032543	0,2854047	$\bar{1}.9965861$	— 20 et + 32	— 23,65
Éther méthylchlorhydrique..	5,4884600	0,3447398	$\bar{1}.9969750$	— 30 et + 30	— 23,73
Ammoniaque.....	5,7164879	0,3462392	$\bar{1}.9967812$	— 22 et + 82	— 38,5
Acide sulfhydrique.....	5,6672296	0,2428549	$\bar{1}.9968989$	— 28 et + 68	— 61,8
Acide carbonique.....	6,1737956	0,2412033	$\bar{1}.9971003$	— 26 et + 42	— 78,2
Protoxyde d'azote.....	9,2420206	0,6815974	$\bar{1}.9991451$	— 26 et + 40	— 87 »

La formule donne généralement des valeurs assez approchées de la pression, pour les températures comprises entre les limites des observations employées pour calculer les

valeurs des constantes. L'écart entre la pression calculée et la pression observée dépasse assez rarement 2 ou 3 pour 100 de cette dernière. Toutefois il y a certains écarts irréguliers qui tiennent peut-être à quelque erreur d'observation. Ainsi, pour la vapeur d'eau à 200°, la formule donne pour F , $F = 12006$ millim. au lieu de 11689 millim. que donne l'expérience. L'écart 317 millim. est égal à 2,7 pour 100 de la valeur donnée par l'observation.

Pour la même vapeur à 0°, la formule donne une pression de 4^{millim.},10 de mercure. M. Regnault donne, d'après l'expérience, 4^{millim.},60. La différence 0,50 est ici plus de 10 pour 100 du résultat observé.

Pour $t = -20^\circ$ la formule donne $F = 0^{\text{millim.}},91$ au lieu de 0,927, résultats qui sont beaucoup moins écartés l'un de l'autre.

Enfin, pour $t = -52$, la formule donne $F = 0,335$ au lieu de 0,320.

Mais la formule, appliquée à des températures prises très-loin de l'intervalle des observations dont les résultats ont servi à calculer les constantes, donnerait des erreurs énormes. C'est ce dont il est facile de s'assurer pour les substances qui se liquéfient à des températures très-basses. Ainsi, en appliquant la formule et les constantes du tableau à la détermination des forces élastiques de l'ammoniaque, de l'acide sulfhydrique, de l'acide carbonique et du protoxyde d'azote aux températures respectives de $-58^\circ,5$, $-61^\circ,8$, $-78^\circ,2$ et -87° , qui, d'après M. Regnault, sont celles de l'ébullition des liquides sous la pression de 760 millim. de mercure, on trouve :

Pour l'ammoniaque.	580 ^{milli.} ,98	} au lieu de 760.
Pour l'acide sulfhydrique.	886 ,43	
Pour l'acide carbonique.	1723 ,5	
Pour le protoxyde d'azote.	3369 ,6	

Si donc on veut éviter de recourir aux tables numériques des forces élastiques de la vapeur d'eau et des autres vapeurs qui se trouvent dans l'ouvrage de M. Regnault, il ne faut du moins employer la formule $\text{Log. } F = a - b\alpha^t$, avec les constantes inscrites au tableau, qu'entre les limites des températures pour lesquelles ces constantes ont été calculées.

XXIV. Plusieurs physiciens s'étaient occupés de mesurer la chaleur latente de la vapeur d'eau à des températures et sous des pressions diverses.

M. Regnault a repris ces recherches par des méthodes nouvelles. Il s'est d'abord posé la condition que la vapeur fût maintenue, depuis la chaudière où elle était produite jusqu'au calorimètre dans l'intérieur duquel elle était liquéfiée, sous une pression invariable. A cet effet, il opérait sous la pression d'une atmosphère artificielle, établie et maintenue constante dans l'ensemble de ses appareils pendant toute la durée de chaque expérience. Il a pris toutes les précautions nécessaires pour que la vapeur arrivât au calorimètre à la température qu'elle possédait dans la chaudière et absolument sèche, c'est-à-dire sans entraîner avec elle aucune particule d'eau liquide. Il a ainsi obtenu la mesure de la quantité totale de chaleur qu'un kilogramme de vapeur à l'état de saturation, sous une pression et à une température déterminées, abandonne en se liquéfiant et se transformant en eau liquide à la température de 0°, ou, ce qui

est évidemment la même chose, de la quantité de chaleur qu'il faut ajouter à un kilogramme d'eau liquide à la température de 0° pour la vaporiser et la transformer en un poids égal de vapeur à saturation sous une pression et une température déterminées.

Une première série de 58 expériences faites sous la pression atmosphérique, qui a varié de $740^{\text{millim.}},43$ à $766^{\text{millim.}},19$ de mercure, a donné, pour la quantité totale de chaleur nécessaire pour la vaporisation d'un kilogramme d'eau à 0 , des nombres dont les extrêmes sont 635,6 et 638,4 et la moyenne générale 636,67 unités de chaleur.

Opérant ensuite sous des pressions qu'il a fait varier depuis $1448^{\text{millim.}},47$ jusqu'à $10354^{\text{millim.}},84$ de mercure (soit $1^{\text{at}},9$ à $15^{\text{at}},6$), il a trouvé que la quantité de chaleur totale nécessaire à la vaporisation d'un kilogramme d'eau à 0 augmente avec la pression sous laquelle la vapeur est formée.

Enfin une dernière série d'expériences a été faite sous des pressions très-inférieures à celle de l'atmosphère (14 à 15,6 millim. de mercure).

M. Regnault a montré que les résultats de ces expériences si nombreuses et si variées sont représentés, avec une exactitude aussi grande qu'on puisse le désirer, par la formule :

$$\lambda = 606,5 + 0,305T,$$

dans laquelle λ désigne la quantité totale de chaleur que doit recevoir un kilogramme d'eau à 0° , pour être transformée en vapeur à l'état de saturation à la température T et sous la pression correspondante à cette température. L'unité de chaleur, dans cette formule, est le calorique spécifique moyen de l'eau liquide entre 0° et 50° .

Dans les expériences de M. Regnault, l'eau liquide est d'abord échauffée d'une température voisine de 0° jusqu'à la température T , sous la pression propre à la vapeur saturant l'espace qu'elle occupe à cette même température; puis elle est vaporisée. La quantité totale de chaleur λ se compose donc de deux parties, l'une qui est employée à porter la température de l'eau liquide de 0° à T , l'autre employée à la transformation de l'eau en vapeur à cette même température et sous la même pression constante. Cette dernière constitue proprement la chaleur *latente* de la vapeur, que nous appellerons désormais chaleur de *vaporisation*. Pour distinguer la chaleur consommée par l'échauffement de l'eau liquide de 0° à T de la chaleur de vaporisation, il était indispensable de s'assurer si la chaleur spécifique de l'eau liquide est indépendante de la température, ou si elle varie avec la température et suivant quelle loi. C'est ce que M. Regnault a fait. Il a reconnu que, en prenant pour unité de chaleur celle qui est nécessaire pour porter de 0° à 1° la température d'un kilogramme d'eau liquide, la quantité de chaleur Q abandonnée par un kilogramme d'eau à la température quelconque T , en se refroidissant jusques à 0° , est exprimée par la formule :

$$Q = T + 0,00002T^2 + 0,0000003T^3.$$

La chaleur spécifique de l'eau, c'est-à-dire la quantité de chaleur nécessaire pour échauffer d'un degré un kilogramme d'eau qui est déjà à la température T , est évidemment égale

à la fonction dérivée de Q , et l'on a :

$$\frac{dQ}{dT} = 1 + 0,00004T + 0,0000009T^2 ;$$

d'où l'on voit que la chaleur spécifique de l'eau, entre 0° et les températures les plus élevées que l'on ait atteintes jusqu'ici dans la pratique industrielle ou même dans les expériences de laboratoire, varie extrêmement peu.

Cette chaleur spécifique, étant représentée par 1 pour $T=0$, sera égale à 1,005 pour $T=100^\circ$, à 1,016 pour $T=200^\circ$, à 1,0204 pour $T=250^\circ$.

La chaleur de vaporisation de l'eau à la température quelconque T et sous la pression propre de la vapeur saturant l'espace à cette température est égale à la différence

$$\begin{aligned} \lambda - Q &= 606,5 + 0,305T - T - 0,00002T^2 - 0,0000003T^3 \\ &= 606,5 - (0,695T + 0,00002T^2 + 0,0000003T^3). \end{aligned}$$

Elle diminue donc considérablement à mesure que la température augmente ;

à 0° ,	elle est de	606,5 unités.
à 100° ,	— de	536,5
à 200° ,	— de	464,3
à 230° ,	— de	441,9

M. Regnault a déterminé, de la même manière que pour l'eau, les chaleurs de vaporisation de quelques autres liquides. Voici les résultats auxquels il est arrivé :

Sulfure de carbone. — La chaleur totale nécessaire pour élever la température du sulfure de carbone liquide de 0° à T° , T étant compris entre 0 et 140° , et transformer le liquide en vapeur saturant l'espace à cette température, est exprimée par l'équation :

$$\lambda = 90 + 0,14601T - 0,0004123T^2.$$

La chaleur nécessaire pour élever la température du sulfure de carbone liquide de 0° à T° est représentée entre les mêmes limites par la formule

$$Q = 0,23523T + 0,000081515T^2 ;$$

la chaleur de vaporisation du sulfure de carbone est, en conséquence,

$$\lambda - Q = 90 - 0,08922T - 0,0004938T^2.$$

Alcool. — La quantité de chaleur nécessaire pour élever la température de l'alcool liquide de 0° à T° , T étant compris entre 0 et 150° , est représentée par l'équation

$$Q = 0,54754T + 0,0011218T^2 + 0,0000022060T^3.$$

La chaleur totale nécessaire pour échauffer l'alcool liquide de 0 à T° , et le transformer en vapeur à cette température est représentée, en prenant les températures pour abscisses

et les quantités de chaleur pour ordonnées, par une courbe sinueuse dont M. Regnault n'a pas jugé utile de chercher l'équation approchée, parce qu'il admet que les irrégularités de la courbe tracée d'après l'ensemble des expériences sont dues à des changements moléculaires, non permanents, que l'alcool subirait pendant l'ébullition sous de hautes pressions, et peut-être au défaut de pureté de l'alcool qu'il est difficile d'obtenir absolument pur. Nous citerons quelques résultats numériques.

A 0° la chaleur de vaporisation de l'alcool a été trouvée de 236,5 unités. A 50° la chaleur totale λ , nécessaire pour élever la température du liquide de 0 à 50° et le transformer en vapeur saturant l'espace à cette température, est de 264 unités.

La chaleur de vaporisation à 50° est donc

$$\lambda - Q = 264 - (27,377 + 2,8045 + 0,27575) = 233,54 :$$

à 100° on a : $\lambda = 267,3,$

la chaleur de vaporisation $\lambda - Q = 267,3 - (54,754 + 11,218 + 2,206) = 199,12 ;$

à 150°, on a : $\lambda = 285,3,$

la chaleur de vaporisation

$$\lambda - Q = 285,3 - (82,124 + 23,2405 + 7,44525) = 170,49.$$

Éther. — La chaleur totale nécessaire pour élever la température de l'éther liquide de 0 à T° et le transformer en vapeur à cette température, T étant compris entre 0 et 120°, est :

$$\lambda = 94 + 0,4500T - 0,000555T^2.$$

La chaleur nécessaire pour chauffer l'éther liquide de 0° à T° est :

$$Q = 0,52900T + 0,00029587T^2 ;$$

d'où la chaleur de vaporisation de l'éther,

$$\lambda - Q = 94 - (0,079T + 0,00085137T^2).$$

Benzine. — Entre 0° et 210°

$$\lambda = 109 + 0,24429T - 0,0001315T^2 ;$$

La chaleur spécifique moyenne de la benzine a été trouvée égale à 0,443 entre 0° et 24°; elle n'a pas été déterminée pour des températures plus élevées.

Chloroforme. — On a entre 0 et 160°

$$\begin{aligned} \lambda &= 67 + 0,1375T, \\ Q &= 0,23235T + 0,000050716T^2 ; \end{aligned}$$

la chaleur de vaporisation

$$\lambda - Q = 67 - (0,09485T + 0,000050716T^2).$$

L'équation $\lambda = 67 + 0,1375 T$ représente une ligne droite autour de laquelle oscillent les valeurs de λ données par les expériences directes, en s'en écartant assez peu. Ces dernières valeurs ne forment pas une courbe continue, ce qui est probablement dû au défaut d'homogénéité de la substance.

Chlorure de carbone. — Entre 0 et 160°

$$\begin{aligned}\lambda &= 52 + 0,14625T - 0,000172T^2, \\ Q &= 0,19797T + 0,00009058T^2,\end{aligned}$$

Chaleur de vaporisation

$$\lambda - Q = 52 - (0,05172T + 0,00026258T^2).$$

Les expériences donnent des résultats réguliers et sont représentées, avec de très-faibles écarts, par la formule.

Acétone. — Entre 0 et 140° :

$$\begin{aligned}\lambda &= 140,5 + 0,3664T - 0,000516T^2, \\ Q &= 0,50643T + 0,00039648T^2.\end{aligned}$$

Chaleur de vaporisation

$$\lambda - Q = 140,5 - (0,14003T + 0,00091248T^2).$$

Les expériences donnent des résultats assez peu réguliers, entre lesquels se trouvent placées les valeurs calculées par la formule.

XXV. M. Regnault n'a point encore déterminé expérimentalement les densités des vapeurs à l'état de saturation, sous diverses pressions. Cette recherche présente des difficultés extrêmement grandes, à cause de l'état d'instabilité où se trouvent alors les vapeurs, tellement voisines du point de liquéfaction que des forces très-petites suffisent pour la déterminer partiellement. Cette lacune dans les expériences est d'autant plus regrettable qu'elle nous fournirait une précieuse vérification des principes fondamentaux de la théorie mécanique de la chaleur, d'après lesquels ces densités peuvent être calculées, lorsqu'on connaît la relation existante entre les pressions et les températures des vapeurs à l'état de saturation, ainsi que leurs chaleurs latentes, telles que M. Regnault les a déterminées.

Reprenons les équations fondamentales (a), (b), (c) applicables à tous les corps, données dans le § IX du chapitre I^{er} (*) :

$$\begin{aligned}dt &= \left(\frac{dt}{dp}\right) dp + \left(\frac{dt}{dv}\right) dv, \\ dU &= Xdp + Ydv, \\ dQ &= Xdp + (Y + Ap) dv,\end{aligned}$$

et appliquons-les à l'unité de poids (un kilogramme) d'une substance partie à l'état

(*) Voir *Bulletin* de janvier 1863, p. 29.

liquide, partie à l'état de vapeur reposant sur le liquide et saturant par conséquent l'espace à une température t et sous une pression déterminée et invariable p . Concevons que la capacité du vase contenant cette substance puisse augmenter ou diminuer, la paroi mobile supportant de la part de la vapeur et exerçant à son tour sur elle la pression p . Nous savons que, dans ces conditions, l'addition ou la soustraction d'une quantité infiniment petite de chaleur dQ aura pour effet de vaporiser une partie du liquide ou de liquéfier une partie de la vapeur, sans occasionner aucune variation de température ni de pression. Le volume v du vase seul variera avec la chaleur ajoutée ou soustraite. t et p demeurant constantes, nous devons écrire dans nos équations générales : $dt = 0$; $dp = 0$ et aussi $\left(\frac{dt}{dv}\right) = 0$, puisque la variation du volume v n'est accompagnée d'aucun changement de température. Ces équations deviennent donc :

$$0 = \left(\frac{dt}{dp}\right) \times 0 + 0 \times dv = 0,$$

$$dU = Ydv, \quad (1)$$

$$dQ = (Y + Ap) dv. \quad (2)$$

Nous avons, en outre, § VIII du chap. 1^{er}, l'équation générale :

$$dQdt = A\varphi(t) dpdv,$$

qui est applicable à tous les corps et dans laquelle dQ désigne la quantité de chaleur nécessaire pour maintenir le corps à la température constante t (ce qui est précisément le cas où nous nous trouvons ici), pendant que son volume augmente de dv , et dp l'accroissement de pression correspondant à un accroissement dt de la température, le volume demeurant invariable. dQ a donc précisément la même signification dans cette dernière équation et dans l'équation (2). De plus, si la température venait à varier, le volume demeurant invariable, la pression p varierait suivant la loi que nous supposons connue par les expériences faites sur les forces élastiques de la vapeur à saturation. La dernière équation peut donc, en divisant ses deux membres par dt , se mettre sous la forme :

$$dQ = A\varphi(t) \frac{dp}{dt} dv,$$

$\frac{dp}{dt}$ désignant ici la dérivée de la fonction connue qui donne la force élastique de la vapeur à l'état de saturation par sa température. Enfin nous savons que la fonction $\varphi(t)$ est une fonction générale, la même pour tous les corps et qui n'est autre chose que la température absolue que nous avons désignée par $a + t$, a étant égal à 273 (§ XVI du chap. II) (*). Substituant donc $a + t$ à $\varphi(t)$, nous avons en définitive

$$dQ = A(a + t) \frac{dp}{dt} dv. \quad (3)$$

(*) Voir *Bulletin* de février 1863, p. 78.

La dérivée $\frac{dp}{dt}$ est, comme la force élastique p elle-même, une fonction de la température seule, indépendante du volume v . Cette équation s'intègre donc immédiatement et, si nous désignons par v_0 le volume de la substance entièrement liquide à la température t et par V le volume de la même substance entièrement vaporisée et saturant l'espace à la même température, l'intégration nous donne pour l'expression de la chaleur de vaporisation sous la pression p :

$$Q = A (a + t) \frac{dp}{dt} (V - v_0). \quad (I)$$

Cette chaleur de vaporisation se compose de deux parties, l'une équivalente au travail mécanique externe développé par l'accroissement de volume que le liquide a pris en se vaporisant, et qui a disparu; l'autre qui constitue seule l'accroissement de chaleur interne, par suite de laquelle les particules de la substance ont été portées et sont maintenues aux distances et dans les positions mutuelles nécessaires pour constituer la vapeur. La première partie est évidemment égale à $Ap (V - v_0)$. La seconde est par conséquent égale à la différence

$$Q - Ap (V - v_0) = A \left[(a + t) \frac{dp}{dt} - p \right] (V - v_0).$$

C'est au reste ce qui résulte du rapprochement des équations (1), (2) et (5); car, en égalant entre elles les expressions de dQ données par (2) et (5), l'on a :

$$(Y + Ap) dv = A (a + t) \frac{dp}{dt} dv.$$

Divisant les deux membres par dv et tirant la valeur de Y , il vient :

$$Y = A \left[(a + t) \frac{dp}{dt} - p \right],$$

et cette valeur de la fonction Y étant portée dans l'équation (4), celle-ci donne

$$dU = A \left[(a + t) \frac{dp}{dt} - p \right] dv.$$

Le multiplicateur de dv dans le second membre étant une fonction de la température seule t et indépendante de v , l'intégration entre les limites v_0 et V donne immédiatement :

$$U = A \left[(a + t) \frac{dp}{dt} - p \right] (V - v_0), \quad (II)$$

expression de l'excès de la chaleur interne d'un kilogramme de vapeur à l'état de saturation, à la température t et sous la pression p , sur la chaleur interne d'un kilogramme de la substance liquide à la même température t et sous la même pression p . Cette expression est identique avec celle que nous avons déjà tirée directement du principe

fondamental de la disparition d'une quantité de chaleur équivalente au travail externe développé.

Du tracé ou de l'équation de la courbe déterminée par une série d'expériences, qui donne les valeurs des forces élastiques p d'une vapeur en fonction des températures t , on déduit par un tracé graphique ou par le calcul la valeur de la fonction dérivée $\frac{dp}{dt}$.

Connaissant d'ailleurs la valeur de l'équivalent calorifique du travail $A = \frac{1}{424}$ et le nombre a qu'il faut ajouter à t pour obtenir la température *absolue* et qui est égal à 273° , tout est connu dans les seconds membres des équations (I) et (II), excepté le facteur $V - v_0$ qui exprime la différence des volumes d'un kilogramme de vapeur à l'état de saturation à la température t et sous la pression p et d'un kilogramme de la substance liquide à cette température et sous la même pression. La chaleur de vaporisation Q , qui forme le premier membre de l'équation (I), est d'ailleurs connue en fonction de la température, pour les diverses substances que M. Regnault a soumises à l'expérience. L'équation (I), en y introduisant les valeurs numériques expérimentales, fournira donc les valeurs correspondantes aux diverses températures du facteur $V - v_0$. Si la loi de dilatation du liquide est connue, depuis les températures habituelles sous lesquelles les densités sont habituellement déterminées jusqu'à la température t , on connaîtra le volume v_0 du liquide, qui, ajouté à la valeur calculée de $V - v_0$, donnera le volume V du kilogramme de vapeur à l'état de saturation et à la température t . La valeur de V est précisément l'inverse du poids spécifique ou poids du mètre cube, si l'on prend le mètre cube pour unité de la vapeur à l'état de saturation. Les valeurs de $V - v_0$ étant ensuite portées dans l'équation (II), avec les valeurs correspondantes de t , de p et de $\frac{dp}{dt}$, celle-ci fournira les valeurs de U . Dans presque tous les cas, v_0 est une fraction tellement petite de V qu'elle peut être négligée.

Je donne comme exemple le calcul de la chaleur d'évaporation, de la chaleur interne U et du poids du mètre cube de la vapeur d'eau saturant l'espace qu'elle occupe à la température de 100° . Nous posons immédiatement dans l'équation (I) :

$$A = \frac{1}{424} ; a + t = 273 + 100 = 373.$$

$p = 760$ millim. de mercure, ce qui équivaut à $10,333$ kilog. sur un mètre carré.

La chaleur de vaporisation Q , d'après les expériences de M. Regnault (§ XXIV) = $536,5$.

Quant à la valeur de $\frac{dp}{dt}$, nous pouvons la tirer approximativement soit du tableau des valeurs numériques des pressions p , soit de l'équation empirique :

$$\text{Log. } F \quad \text{ou} \quad \text{Log. } p. = a - b\alpha^t.$$

La différentiation de cette équation nous donne, en représentant par m le module des logarithmes ordinaires, c'est-à-dire le nombre constant par lequel il faut multiplier

les logarithmes hyperboliques pour obtenir les logarithmes ordinaires :

$$m \frac{dp}{p} = -b L a \times a^t dt.$$

$L.a$ désignant le logarithme hyperbolique de a , qui est par conséquent égal au logarithme ordinaire de a divisé par le module m , de sorte que l'équation précédente est ramenée à celle-ci :

$$m \frac{dp}{p} = -b \frac{\text{Log. } a}{m} a^t dt,$$

d'où

$$\frac{dp}{dt} = -p \times \frac{b \text{ Log. } a}{m^2} a^t.$$

Effectuant le calcul par logarithmes, nous remarquons que a étant une fraction, $\text{Log. } a$ est négatif, ce qui rend le second membre de l'équation positif, comme cela doit être. L'équation étant écrite sous la forme :

$$\frac{dp}{dt} = p \times \frac{b}{m^2} \times -\text{Log. } a \times a^t,$$

nous avons :

Log. $p = \text{Log. } 760$	= 2,8808136
Log. b (tableau du § XXIII)	= 0,6821547
Log. $a^t = t \times \text{Log. } a = 100 \times \bar{1}.9972311$	= $\bar{1}.7231100$
Log. $(-\text{Log. } a) = \text{Log. } (1 - 0,9972311) = \text{Log. } 0,0027689$	= $\bar{3}.4423073$
Somme	<u>0,7283856</u>
Log. $m^2 = 2 \text{ Log. } m = 2 \times \text{Log. } 0,4342944819 = 2 \times \bar{1}.6377843$	= <u>$\bar{1}.2755686$</u>
Différence = Log. $\frac{dp}{dt}$	= 1,4528170

Sans chercher le nombre auquel correspond ce dernier logarithme, nous avons tous les éléments nécessaires pour calculer le logarithme de la valeur de $V - v_0$ donnée par l'équation (I), et qui est

$$V - v_0 = \frac{Q}{A (a + t) \frac{dp}{dt}}.$$

Mais il faut faire attention que, le kilogramme étant pris pour unité de poids et le mètre cube pour unité de volume, la pression p doit être exprimée en kilogrammes par mètre carré de surface. Or, dans l'équation $\text{Log. } p = a - b a^t$ dont nous nous sommes servi pour calculer la dérivée $\frac{dp}{dt}$, la pression p est exprimée en millimètres de mercure. Si elle eût été exprimée en kilogrammes par mètre carré, les abscisses restant les

mêmes, les ordonnées de la courbe auraient été augmentées dans le rapport de 760 à 10,533, ce qui aurait augmenté dans le même rapport les tangentes des inclinaisons des éléments de la courbe sur l'axe des abscisses et par conséquent les dérivées $\frac{dp}{dt}$, d'où il suit que nous devons, pour tirer de l'équation

$$V - v_0 = \frac{Q}{A(a + t) \frac{dp}{dt}}$$

la valeur de $V - v_0$ en mètres cubes, employer une valeur de $\frac{dp}{dt}$ qui soit à celle que le calcul vient de nous fournir dans le rapport de 10,533 à 760, ou bien remplacer dans le calcul qui nous reste à faire la valeur trouvée de $\text{Log. } \frac{dp}{dt}$ par cette même valeur augmentée de la différence $\text{Log. } 10333 - \text{Log. } 760$.

Log. 10333..	= 4,0142264
Log. 760.	= 2,8808136
Différence.	= 1,1334128
Ajoutant cette différence.	1,1334128
à la valeur calculée de $\text{Log. } \frac{dp}{dt}$	1,4528170

il vient pour la valeur de $\text{Log. } \frac{dp}{dt}$ à introduire dans les calculs qui

restent à faire. 2,5862298

Cela posé, nous avons :

Log. A = $\text{Log. } \frac{1}{424} =$	3,3726341
Log. (a + t) = $\text{Log. } 373 =$	2,5717088
Log. $\frac{dp}{dt}$, p étant exprimé en kilogr. par mètre carré.	2,5862298
Somme.	2,5305727
Log. Q = $\text{Log. } 536,5 =$	2,7295697

donc,

$$\text{Log. } (V - v_0) = 2,7295697 - 2,5305727 = ... 0,1989970$$

d'où,

$$V - v_0 = 1^{\text{m. cube}}, 581.$$

Le volume v_0 d'un kilogramme d'eau à 100° dépasse peu 1/1000 de mètre cube. Il est donc négligeable par rapport au volume V, et nous pouvons prendre pour le volume V du kilogramme de vapeur d'eau à l'état de saturation, à la température de 100° 1^{m. cube}, 581 ou 1^{m. cube}, 582. Le poids spécifique de la vapeur d'eau à 100° serait donc $\frac{1}{1,582} = 0^{\text{e}}, 63$.

Le poids spécifique de la vapeur d'eau, calculé d'après sa composition chimique, serait à celui de l'air atmosphérique dans le rapport de 0,6225 à 1.

En prenant, pour le poids spécifique de l'air sec à 0° et sous la pression de 760 millimètres de mercure, le nombre 1^k,299 qui résulte des expériences de MM. Biot et Arago, confirmées par celles de M. Regnault, et supposant les lois de Mariotte et de Gay-Lussac applicables à la vapeur d'eau, on trouve, pour son poids spécifique à 100 et sous la pression de 760 millimètres de mercure, 0,59, nombre inférieur à celui que nous avons déduit des principes de la théorie mécanique de la chaleur et des formules empiriques données par M. Regnault comme représentant ses expériences avec une exactitude suffisante.

XXVI. Au lieu de tirer la valeur de $\frac{dp}{dt}$ de la formule $\text{Log. } p = a - bx^t$ ou de toute autre formule empirique, on peut la déduire approximativement soit de la courbe des pressions par un tracé graphique, soit du tableau des valeurs numériques de p correspondantes aux diverses températures. C'est ainsi qu'ont opéré Clausius et Zeuner. Ils se sont servis des tables des forces élastiques p de la vapeur d'eau à l'état de saturation, données par M. Regnault dans le premier volume de la *Relation des expériences*, etc. (p. 624 à 626). Pour avoir la valeur numérique de $\frac{dp}{dt}$ correspondante à une valeur donnée de t , ils prennent les trois valeurs de p correspondantes à $t - 1^\circ$, t° et $t + 1^\circ$; soient p' , p'' , p''' ces valeurs respectives : $p'' - p'$ serait la tangente de l'angle que formerait avec l'axe des abscisses la corde qui joindrait sur la courbe des pressions les deux points dont les abscisses sont $t - 1$ et t ; $p''' - p''$ serait l'inclinaison de la tangente de l'angle que formerait avec l'axe des abscisses la corde qui joindrait sur la même courbe les points ayant pour ordonnées p'' et p''' et pour abscisses t et $t + 1$. La tangente à la courbe, au point dont les coordonnées sont t et p'' , est évidemment comprise dans l'angle externe à la courbe formé par ces deux cordes et son inclinaison sur l'axe des abscisses, dont la tangente trigonométrique serait la valeur cherchée de $\frac{dp}{dt}$, est comprise par conséquent entre les inclinaisons des deux cordes consécutives sur le même axe. Zeuner admet donc pour la valeur de $\frac{dp}{dt}$ la moyenne arithmétique entre $p'' - p'$ et $p''' - p''$.

Ainsi, par exemple, pour calculer la valeur approximative de $\frac{dp}{dt}$ correspondante à 80°, ils prennent la valeur de p correspondante

		Différences.
à 79°	340 ^{millim} ,488	
à 80°	354 ,643	14,155
à 81°	369 ,287	14,644

Moyenne des différences égale à la valeur de $\frac{dp}{dt}$ pour 80°. . 14,399

Ici l'unité de pression est le millimètre de mercure. Si l'on voulait avoir la valeur de $\frac{dp}{dt}$, les pressions étant exprimées en kilogrammes sur un mètre carré superficiel, il fau-

draît multiplier le nombre précédent 14,599 par le rapport $\frac{10333}{760}$. Mais on peut se dispenser de faire cette transformation pour obtenir les valeurs numériques dont on fait le plus habituellement usage dans les calculs relatifs aux machines à vapeur, et dont nous reproduisons ci-après le tableau dressé et récemment publié par le professeur Zeuner. En effet, de l'équation (I) on tire, en multipliant les deux membres par p ,

$$p \times Q = A (a + t) \frac{dp}{dt} p (V - v_0),$$

d'où

$$Ap (V - v_0) = \frac{pQ}{(a + t) \frac{dp}{dt}}.$$

Le premier membre de cette dernière équation est l'équivalent calorifique du travail mécanique externe $p (V - v_0)$ développé par la transformation en vapeur, sous la pression constante p et à la température t , d'un kilogramme d'eau qui occupait le volume v_0 à l'état liquide, sous la même pression et à la même température.

Ayant, à l'occasion de certaines recherches, réuni dans un même tableau les valeurs de $Ap (V - v_0)$ calculées de 5° en 5°, au moyen de l'équation précédente et les valeurs correspondantes des logarithmes Népériens de $a + t$, il s'aperçut que les différences de ces dernières valeurs étaient un multiple exact des différences de $Ap (V - v_0)$. Il en conclut qu'il existait entre ces deux quantités une relation générale exprimée par la formule :

$$Ap (V - v_0) = B L. \frac{a + t}{n},$$

dans laquelle $L. \frac{a + t}{n}$ désigne le logarithme Népérien de $\frac{a + t}{n}$, et B et n sont des constantes que l'on déterminera par la comparaison de deux groupes de valeurs corrélatives de $Ap (V - v_0)$ et de $a + t$; on trouve ainsi : $B = 50,456$ et $n = 100$. Il existerait donc entre l'équivalent calorifique $Ap (V - v_0)$ du travail moteur développé par la transformation d'un kilogramme d'eau liquide en un poids égal de vapeur à l'état de saturation, et la température absolue $273 + t$ à laquelle cette transformation est opérée, l'équation empirique

$$Ap (V - v_0) = 50,456 L. \frac{273 + t}{100}.$$

Les valeurs de $Ap (V - v_0)$ calculées au moyen de la formule précédente et tirées de l'équation :

$$Ap (V - v_0) = \frac{pQ}{(273 + t) \frac{dp}{dt}}, \quad (m)$$

en y remplaçant Q par la chaleur de vaporisation de l'eau, donnée par les expériences

de M. Regnault ou les formules qu'il en a déduites, et $\frac{dp}{dt}$ par sa valeur approchée tirée du tableau des valeurs correspondantes de p et de t par la méthode indiquée plus haut, sont, en effet, assez petites pour qu'on puisse employer indifféremment les unes à la place des autres, ainsi que le montre leur rapprochement dans un tableau dressé par Zeuner et traduit par M. Hirn dans son *Exposition analytique et expérimentale de la théorie mécanique de la chaleur*. L'exemple suivant fera voir en même temps le moyen d'employer soit la formule de Zeuner, soit l'équation (m) pour le calcul de $Ap(V - v_0)$.

Pour la vapeur d'eau à 100° l'on a $p = 760$ millim.

La chaleur d'évaporation Q , d'après M. Regnault. . . $Q = 536,5$ calories.

$$a + t = 273 + 100 \qquad a + t = 373.$$

Pour obtenir $\frac{dp}{dt}$, on prend dans la table des forces élastiques de M. Regnault :

Valeur de p à 99°.	733 ^{millim.} , 305.	Différences.	Moyenne.
à 100°.	760 , ...	26,695	$27,1425 = \frac{dp}{dt}$
à 101°.	787 , 590.	27,590	

L'équation $Ap(V - v_0) = \frac{pQ}{(a + t) \frac{dp}{dt}}$ donne, en conséquence,

$$Ap(V - v_0) = \frac{760 \times 536,5}{373 \times 27,1425}$$

Tableau du calcul.

Log. 760 = 2,8808136	Log. 373 = 2,5717088
Log. 536,5 = 2,7295697	Log. 27,1425 = 1,4336498
Somme. . . . 5,6103833	Somme. . . . 4,0053586
Report. . . . 4,0053586	

$$\text{Log. } Ap(V - v_0) = 1,6050247$$

$$Ap(V - v_0) = 40,274.$$

La formule empirique $Ap(V - v_0) = 30,456 L. \frac{373}{100}$ donne :

Tableau du calcul.

L. 373 = 5,9215784	Log. 30,456 = 1,4836729
L. 100 = 4,6051702	Log. 1,3164082 = 0,1193879
L. $\frac{373}{100} = 1,3164082$	Log. $Ap(V - v_0) = 1,6030608$

$$Ap(V - v_0) = 40,158.$$

La différence des deux valeurs est seulement de 0,116 inférieure à $\frac{3}{1000}$ de la valeur fournie par l'équation.

Voici le tableau calculé par M. Zeuner des valeurs relatives à la vapeur d'eau à l'état de saturation, qui entrent dans les applications les plus importantes de la théorie mécanique de la chaleur.

ation (suite).

rs relatives à la vapeur d'eau à l'état de saturation.

11.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Poids du mètre cube de vapeur en kilogrammes. $\frac{1}{V}$	Quantité de chaleur convertie en travail mécanique externe par la transformation de l'eau en vapeur. $1p (V - v_0)$ ou $Apu.$	Excès de la chaleur interne d'un kilogr. de vapeur sur la chaleur interne d'un kilogramme d'eau à 0°. $J = Q - Apu$	Excès de la chaleur interne d'un kilogr. de vapeur sur la chaleur interne d'un kilogr. d'eau à la même température t . $r - Apu = p$	Valeurs des $u = V - v_0$	Valeurs du rapport. $\frac{p}{u}$	Volume du kilogramme de vapeur en mètres cubes. $V = u + 0,001$	Poids du mètre cube de vapeur en kilogrammes. $\frac{1}{V}$
0.001							
0.002	2.757	35.349	538.61	14.5034	37.14	14.5044	0.069
0.003	2.807	36.679	527.38	7.5246	70.09	7.5256	0.133
0.004	2.859	37.493	520.26	5.1278	101.46	5.1288	0.195
0.005	2.911	38.089	514.93	3.9069	131.80	3.9079	0.256
0.006	2.963	38.562	510.63	3.1644	161.37	3.1654	0.316
0.007	3.014	38.954	506.99	2.6638	190.33	2.6648	0.375
0.008	3.066	39.292	503.84	2.3030	218.77	2.3040	0.434
0.009	3.116	39.589	501.03	2.0304	246.77	2.0314	0.492
0.010	3.168	39.853	498.51	1.8168	274.38	1.8178	0.550
0.011	3.219	40.092	496.21	1.6450	301.65	1.6460	0.607
0.012	3.270	40.310	494.10	1.5036	328.62	1.5046	0.665
0.013	3.320	40.512	492.13	1.3851	355.29	1.3861	0.722
0.014	3.371	40.699	490.30	1.2845	381.70	1.2855	0.778
0.015	3.422	40.873	488.58	1.1978	407.88	1.1988	0.834
0.016	3.472	41.036	486.96	1.1225	433.82	1.1235	0.890
0.017	3.523	41.190	485.42	1.0563	459.56	1.0573	0.946
0.018	3.574	41.336	483.96	0.9976	485.11	0.9986	1.001
0.019	3.624	41.473	482.57	0.9453	510.47	0.9463	1.057
0.020	3.674	41.605	481.24	0.8984	535.64	0.8994	1.112
0.021	3.725	41.730	479.97	0.8561	560.67	0.8571	1.167
0.022	3.776	41.849	478.75	0.8176	585.52	0.8186	1.222
0.023	3.902	41.964	477.58	0.7826	610.23	0.7836	1.276
0.024	4.027	42.073	476.45	0.7505	634.80	0.7515	1.331
0.025	4.152	42.180	475.35	0.7211	659.21	0.7221	1.385
0.026	4.277	42.282	474.30	0.6939	683.50	0.6949	1.439
0.027	4.403	42.380	473.27	0.6688	707.66	0.6698	1.493
0.028	4.527	42.475	472.29	0.6454	731.71	0.6464	1.547
0.029	4.651	42.567	471.33	0.6237	755.63	0.6247	1.601
0.030	4.775	42.656	470.39	0.6035	779.42	0.6045	1.654
0.031	4.897	42.742	469.48	0.5846	803.12	0.5856	1.708
0.032	5.023	42.826	468.60	0.5668	826.72	0.5678	1.761
0.033	5.144	42.907	467.74	0.5501	850.20	0.5511	1.814
0.034	5.266	42.987	466.90	0.5345	873.57	0.5355	1.867
0.035	5.391	43.064	466.08	0.5197	896.86	0.5207	1.920
0.036	5.513	43.139	465.27	0.5057	920.05	0.5067	1.973
0.037	5.634	43.212	464.50	0.4925	943.16	0.4935	2.026
0.038	5.757	43.284	463.73	0.4800	966.14	0.4810	2.079
0.039	5.879	43.353	462.99	0.4681	989.09	0.4691	2.132
0.040	5.998	43.421	462.25	0.4568	1011.92	0.4578	2.184
0.041	6.120	43.488	461.53	0.4461	1034.63	0.4471	2.237
0.042	6.242	43.553	460.83	0.4358	1057.31	0.4368	2.289
0.043	6.361	43.617	460.14	0.4261	1079.91	0.4271	2.341
0.044	6.481	43.678	459.47	0.4168	1102.45	0.4178	2.393
0.045	6.605	43.740	458.80	0.4079	1124.87	0.4089	2.446
0.046	6.725	43.800	458.15	0.3993	1147.21	0.4003	2.498
0.047	6.845	43.859	457.51	0.3912	1169.51	0.3922	2.550
0.048	6.964	43.916	456.88	0.3834	1191.71	0.3844	2.602
0.049	7.082	43.973	456.26	0.3759	1213.85	0.3769	2.653
0.050	7.202	44.028	455.65	0.3687	1235.93	0.3697	2.705

TABLEAU des principales valeurs relatives à la vapeur d'eau à l'état de saturation.

1. PRESSION DE LA VAPEUR			4. TEMPÉRATURE	5. Quantité de chaleur convertie en travail mécanique externe par la transformation de l'eau en vapeur.	6. Excès de la chaleur interne d'un kilogramme d'eau à 0°.	7. Excès de la chaleur interne d'un kilogramme d'eau à la même température t .	8. Valeurs des	9. Valeurs	10. Volume du kilogramme de vapeur en mètres cubes.	11. Poids du mètre cube de vapeur en kilogrammes.
en atmosphères.	en millimètres de mercure.	en kilogr. sur un mètre carré de surface.	en degrés centigrades.	$Ap (V - v_0)$ ou ApH .	$J = Q - ApH$	$r - ApH = p$	$u = V - v_0$	du rapport.	$V = u + 0,001$	$\frac{1}{V}$
		p	t					$\frac{c}{u}$		
0.1	76	1033.4	46.21	35.349	584.16	538.61	14.5034	37.14	14.5044	0.069
0.2	152	2066.8	60.45	36.679	587.50	527.38	7.5246	70.09	7.5256	0.133
0.3	228	3100.2	69.49	37.493	589.61	520.26	5.1278	101.46	5.1288	0.195
0.4	304	4133.6	76.25	38.089	591.20	514.93	3.9069	131.80	3.9079	0.256
0.5	380	5167.0	81.71	38.562	592.48	510.63	3.1644	161.37	3.1654	0.316
0.6	456	6200.4	86.32	38.954	593.56	506.99	2.6638	190.33	2.6648	0.375
0.7	532	7233.8	90.32	39.292	594.49	503.84	2.3030	218.77	2.3040	0.434
0.8	608	8267.2	93.88	39.589	595.33	501.03	2.0304	246.77	2.0314	0.492
0.9	684	9300.6	97.08	39.853	596.08	498.51	1.8168	274.38	1.8178	0.550
1.0	760	10334.0	100.00	40.092	596.76	496.21	1.6450	301.65	1.6460	0.607
1.1	836	11367.4	102.68	40.310	597.39	494.10	1.5036	328.62	1.5046	0.665
1.2	912	12400.8	105.17	40.512	597.97	492.13	1.3851	355.29	1.3861	0.722
1.3	988	13434.2	107.50	40.699	598.52	490.30	1.2845	381.70	1.2855	0.778
1.4	1064	14467.6	109.68	40.873	599.03	488.58	1.1978	407.88	1.1988	0.834
1.5	1140	15501.0	111.74	41.036	599.51	486.96	1.1225	433.82	1.1235	0.890
1.6	1216	16534.4	113.69	41.190	599.97	485.42	1.0563	459.56	1.0573	0.946
1.7	1292	17567.8	115.54	41.336	600.40	483.96	0.9976	485.11	0.9986	1.001
1.8	1368	18601.2	117.30	41.473	600.81	482.57	0.9453	510.47	0.9463	1.057
1.9	1444	19634.6	118.99	41.605	601.21	481.24	0.8984	535.64	0.8994	1.112
2.0	1520	20668.0	120.60	41.730	601.58	479.97	0.8561	560.67	0.8571	1.167
2.1	1596	21701.4	122.15	41.849	601.95	478.75	0.8176	585.52	0.8186	1.222
2.2	1672	22734.8	123.64	41.964	602.30	477.58	0.7826	610.23	0.7836	1.276
2.3	1748	23768.2	125.07	42.073	602.63	476.45	0.7505	634.80	0.7515	1.331
2.4	1824	24801.6	126.46	42.180	602.96	475.35	0.7211	659.21	0.7221	1.385
2.5	1900	25835.0	127.80	42.282	603.27	474.30	0.6939	683.50	0.6949	1.439
2.6	1976	26868.4	129.10	42.380	603.57	473.27	0.6688	707.66	0.6698	1.493
2.7	2052	27901.8	130.35	42.475	603.87	472.29	0.6454	731.71	0.6464	1.547
2.8	2128	28935.2	131.57	42.567	604.15	471.33	0.6237	755.63	0.6247	1.601
2.9	2204	29968.6	132.76	42.656	604.43	470.39	0.6035	779.42	0.6045	1.654
3.0	2280	31002.0	133.91	42.742	604.70	469.48	0.5846	803.12	0.5856	1.708
3.1	2356	32035.4	135.03	42.826	604.96	468.60	0.5668	826.72	0.5678	1.761
3.2	2432	33068.8	136.12	42.907	605.22	467.74	0.5501	850.20	0.5511	1.814
3.3	2508	34102.2	137.19	42.987	605.47	466.90	0.5345	873.57	0.5355	1.867
3.4	2584	35135.6	138.23	43.064	605.71	466.08	0.5197	896.86	0.5207	1.920
3.5	2660	36169.0	139.24	43.139	605.95	465.27	0.5057	920.05	0.5067	1.973
3.6	2736	37202.4	140.23	43.212	606.18	464.50	0.4925	943.16	0.4935	2.026
3.7	2812	38235.8	141.21	43.284	606.41	463.73	0.4800	966.14	0.4810	2.079
3.8	2888	39269.2	142.15	43.353	606.63	462.99	0.4681	989.09	0.4691	2.132
3.9	2964	40302.6	143.08	43.421	606.85	462.25	0.4568	1011.92	0.4578	2.184
4.0	3040	41336.0	144.00	43.488	607.06	461.53	0.4461	1034.63	0.4471	2.237
4.1	3116	42369.4	144.89	43.553	607.27	460.83	0.4358	1057.34	0.4368	2.289
4.2	3192	43402.8	145.76	43.617	607.48	460.14	0.4261	1079.91	0.4271	2.341
4.3	3268	44436.2	146.61	43.678	607.68	459.47	0.4168	1102.45	0.4178	2.393
4.4	3344	45469.6	147.46	43.740	607.87	458.80	0.4079	1124.87	0.4089	2.446
4.5	3420	46503.0	148.29	43.800	608.07	458.15	0.3993	1147.21	0.4003	2.498
4.6	3496	47536.4	149.10	43.859	608.26	457.51	0.3912	1169.51	0.3922	2.550
4.7	3572	48569.8	149.90	43.916	608.45	456.88	0.3834	1191.71	0.3844	2.602
4.8	3648	49603.2	150.69	43.973	608.63	456.26	0.3759	1213.85	0.3769	2.653
4.9	3724	50636.6	151.46	44.028	608.81	455.65	0.3687	1235.93	0.3697	2.705

TABLEAU des principales valeurs relatives à la vapeur d'eau à l'état de saturation (suite).

1. 2. 3. PRESSION DE LA VAPEUR			4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
en atmosphères	en millimètres de mercure.	en Kilog. sur un mètre carré de surface. p	TEMPÉRATURE en degrés centigrades. t	Quantité de chaleur convertie en travail mécanique extrinsèque par la transformation de l'eau en vapeur. $Ap (V - v_0)$ ou Apv	Excès de la chaleur interne d'un kilogr. de vapeur sur la chaleur interne d'un kilogramme d'eau à 0°. $J = Q - Apv$	Excès de la chaleur interne d'un kilogr. de vapeur ou la chaleur interne d'un kilogr. d'eau à la même température t . $r - Apv = p$	Valeurs des $u = V - v_0$	Valeurs du rapport. $\frac{p}{u}$	Volume du kilogramme de vapeur en mètres cubes. $V = u + 0.001$	Poids du mètre cube de vapeur en kilogrammes. $\frac{1}{V}$
5.0	3800	51670.0	152.22	44.083	608.99	455.05	0.3617	1257.94	0.3627	2.757
5.1	3876	52703.4	152.97	44.137	609.16	454.46	0.3551	1279.87	0.3561	2.807
5.2	3952	53736.8	153.70	44.189	609.34	453.88	0.3487	1301.78	0.3497	2.859
5.3	4028	54770.2	154.43	44.241	609.51	453.31	0.3425	1323.57	0.3435	2.911
5.4	4104	55803.6	155.14	44.291	609.67	452.75	0.3365	1345.34	0.3375	2.963
5.5	4180	56837.0	155.85	44.342	609.84	452.19	0.3308	1367.00	0.3318	3.014
5.6	4256	57870.4	156.54	44.391	610.00	451.64	0.3252	1388.66	0.3262	3.066
5.7	4332	58903.8	157.22	44.439	610.16	451.11	0.3199	1410.24	0.3209	3.116
5.8	4408	59937.2	157.90	44.487	610.32	450.57	0.3147	1431.73	0.3157	3.168
5.9	4484	60970.6	158.56	44.534	610.47	450.05	0.3097	1453.20	0.3107	3.219
6.0	4560	62004.0	159.22	44.580	610.63	449.53	0.3048	1474.59	0.3058	3.270
6.1	4636	63037.4	159.87	44.626	610.78	449.02	0.3002	1495.93	0.3012	3.320
6.2	4712	64070.8	160.50	44.670	610.93	448.52	0.2956	1517.26	0.2966	3.371
6.3	4788	65104.2	161.14	44.715	611.08	448.02	0.2912	1538.44	0.2922	3.422
6.4	4864	66137.6	161.76	44.759	611.22	447.53	0.2869	1559.65	0.2879	3.472
6.5	4940	67171.0	162.37	44.801	611.37	447.05	0.2828	1580.81	0.2838	3.523
6.6	5016	68204.4	162.98	44.844	611.51	446.57	0.2788	1601.87	0.2798	3.574
6.7	5092	69237.8	163.58	44.886	611.65	446.10	0.2749	1622.90	0.2759	3.624
6.8	5168	70271.2	164.18	44.928	611.79	445.62	0.2711	1643.87	0.2721	3.674
6.9	5244	71304.6	164.76	44.968	611.93	445.17	0.2674	1664.82	0.2684	3.725
7.00	5320	72338.0	165.34	45.008	612.06	444.71	0.2638	1685.70	0.2648	3.776
7.25	5510	74921.5	166.77	45.108	612.40	443.58	0.2553	1737.66	0.2563	3.902
7.50	5700	77505.0	168.15	45.203	612.72	442.49	0.2473	1789.38	0.2483	4.027
7.75	5890	80088.5	169.50	45.296	613.04	441.43	0.2398	1841.00	0.2408	4.152
8.00	6080	82672.0	170.81	45.386	613.34	440.40	0.2328	1891.96	0.2338	4.277
8.25	6270	85255.5	172.10	45.475	613.64	439.38	0.2261	1942.80	0.2271	4.403
8.50	6460	87839.0	173.35	45.560	613.94	438.39	0.2199	1993.44	0.2209	4.527
8.75	6650	90422.5	174.57	45.643	614.22	437.43	0.2140	2043.85	0.2150	4.651
9.00	6840	93006.0	175.77	45.725	614.50	436.49	0.2084	2093.95	0.2094	4.775
9.25	7030	95589.5	176.94	45.804	614.78	435.56	0.2032	2143.85	0.2042	4.897
9.50	7220	98173.0	178.08	45.881	615.05	434.67	0.1981	2193.56	0.1991	5.023
9.75	7410	100756.5	179.21	45.957	615.31	433.78	0.1934	2242.94	0.1944	5.144
10.00	7600	103340.0	180.31	46.031	615.57	432.91	0.1889	2292.16	0.1899	5.266
10.25	7790	105923.5	181.38	46.103	615.82	432.07	0.1845	2341.25	0.1855	5.391
10.50	7980	108507.0	182.44	46.174	616.07	431.23	0.1804	2390.03	0.1814	5.513
10.75	8170	111090.5	183.48	46.243	616.42	430.41	0.1765	2438.62	0.1775	5.634
11.00	8360	113674.0	184.50	46.311	616.55	429.61	0.1727	2487.01	0.1737	5.757
11.25	8550	116257.5	185.51	46.379	616.79	428.81	0.1691	2535.11	0.1701	5.879
11.50	8740	118841.0	186.49	46.444	617.01	428.04	0.1657	2583.18	0.1667	5.998
11.75	8930	121424.5	187.46	46.508	617.34	427.27	0.1624	2631.00	0.1634	6.120
12.00	9120	124008.0	188.41	46.571	617.46	426.52	0.1592	2678.66	0.1602	6.242
12.25	9310	126591.5	189.35	46.633	617.68	425.78	0.1562	2726.08	0.1572	6.364
12.50	9500	129175.0	190.27	46.693	617.90	425.06	0.1533	2773.38	0.1543	6.486
12.75	9690	131758.5	191.18	46.753	618.11	424.34	0.1504	2820.47	0.1514	6.608
13.00	9880	134342.0	192.08	46.812	618.32	423.63	0.1477	2867.32	0.1487	6.729
13.25	10070	136925.5	192.96	46.869	618.53	422.94	0.1451	2914.11	0.1461	6.851
13.50	10260	139509.0	193.83	46.926	618.73	422.25	0.1426	2960.69	0.1436	6.964
13.75	10450	142092.5	194.69	46.982	618.94	421.59	0.1402	3007.22	0.1412	7.082
14.00	10640	144676.0	195.53	47.037	619.14	420.91	0.1378	3053.39	0.1388	7.205

TABLEAU des principales valeurs relatives à la vapeur d'eau à l'état de saturation

1. 2. 3. PRESSION DE LA VAPEUR			4.	5.	6.	7.	8.	9.	Volum gram pour cub V = u
en atmosphères.	en millimètres de mercure.	en kilog. sur un mètre carré de surface. p	TEMPÉRATURE en degrés centigrades. t	Quantité de cha- leur convertie en travail mé- canique externe par la transfor- mation de l'eau en vapeur. $Ap (V - v_0)$ ou Ap_u	Excès de la chaleur interne d'un ki- logr. de vapeur sur la chaleur interne d'un ki- logr. d'eau à la même tempéra- ture t . $J = Q - Ap_u$	Excès de la chaleur interne d'un ki- logr. de vapeur sur la chaleur interne d'un ki- logr. d'eau à la même tempéra- ture t . $r - Ap_u = \rho$	Valeurs des $u = V - v_0$	Valeurs du rapport. $\frac{\rho}{u}$	
5.0	3800	51670.0	152.22	44.083	608.99	455.05	0.3617	1257.94	0.
5.1	3876	52703.4	152.97	44.137	609.16	454.46	0.3551	1279.87	0.
5.2	3952	53736.8	153.70	44.189	609.34	453.88	0.3487	1301.78	0.
5.3	4028	54770.2	154.43	44.241	609.51	453.31	0.3425	1323.57	0.
5.4	4104	55803.6	155.14	44.291	609.67	452.75	0.3365	1345.34	0.
5.5	4180	56837.0	155.85	44.342	609.84	452.19	0.3308	1367.00	0.
5.6	4256	57870.4	156.54	44.391	610.00	451.64	0.3252	1388.66	0.
5.7	4332	58903.8	157.22	44.439	610.16	451.11	0.3199	1410.24	0.
5.8	4408	59937.2	157.90	44.487	610.32	450.57	0.3147	1431.73	0.
5.9	4484	60970.6	158.56	44.534	610.47	450.05	0.3097	1453.20	0.
6.0	4560	62004.0	159.22	44.580	610.63	449.53	0.3048	1474.59	0.
6.1	4636	63037.4	159.87	44.626	610.78	449.02	0.3002	1495.93	0.
6.2	4712	64070.8	160.50	44.670	610.93	448.52	0.2956	1517.26	0.
6.3	4788	65104.2	161.14	44.715	611.08	448.02	0.2912	1538.44	0.
6.4	4864	66137.6	161.76	44.759	611.22	447.53	0.2869	1559.65	0.
6.5	4940	67171.0	162.37	44.801	611.37	447.05	0.2828	1580.81	0.
6.6	5016	68204.4	162.98	44.844	611.51	446.57	0.2788	1601.87	0.
6.7	5092	69237.8	163.58	44.886	611.65	446.10	0.2749	1622.90	0.
6.8	5168	70271.2	164.18	44.928	611.79	445.62	0.2711	1643.87	0.
6.9	5244	71304.6	164.76	44.968	611.93	445.17	0.2674	1664.82	0.
7.00	5320	72338.0	165.34	45.008	612.06	444.71	0.2638	1685.70	0.
7.25	5510	74921.5	166.77	45.108	612.40	443.58	0.2553	1737.66	0.
7.50	5700	77505.0	168.15	45.203	612.72	442.49	0.2473	1789.38	0.
7.75	5890	80088.5	169.50	45.296	613.04	441.43	0.2398	1840.79	0.
8.00	6080	82672.0	170.81	45.386	613.34	440.40	0.2328	1891.96	0.
8.25	6270	85255.5	172.10	45.475	613.64	439.38	0.2261	1942.80	0.
8.50	6460	87839.0	173.35	45.560	613.94	438.39	0.2199	1993.44	0.
8.75	6650	90422.5	174.57	45.643	614.22	437.43	0.2140	2043.85	0.
9.00	6840	93006.0	175.77	45.725	614.50	436.49	0.2084	2093.95	0.
9.25	7030	95589.5	176.94	45.804	614.78	435.56	0.2032	2143.85	0.
9.50	7220	98173.0	178.08	45.881	615.05	434.67	0.1981	2193.56	0.
9.75	7410	100756.5	179.21	45.957	615.31	433.78	0.1934	2242.94	0.
10.00	7600	103340.0	180.31	46.031	615.57	432.91	0.1889	2292.16	0.
10.25	7790	105923.5	181.38	46.103	615.82	432.07	0.1845	2341.25	0.
10.50	7980	108507.0	182.44	46.174	616.07	431.23	0.1804	2390.03	0.
10.75	8170	111090.5	183.48	46.243	616.42	430.41	0.1765	2438.62	0.
11.00	8360	113674.0	184.50	46.311	616.55	429.61	0.1727	2487.01	0.
11.25	8550	116257.5	185.51	46.379	616.79	428.81	0.1691	2535.11	0.
11.50	8740	118841.0	186.49	46.444	617.01	428.04	0.1657	2583.18	0.
11.75	8930	121424.5	187.46	46.508	617.34	427.27	0.1624	2631.00	0.
12.00	9120	124008.0	188.41	46.571	617.46	426.52	0.1592	2678.66	0.
12.25	9310	126591.5	189.35	46.633	617.68	425.78	0.1562	2726.08	0.
12.50	9500	129175.0	190.27	46.693	617.90	425.06	0.1533	2773.38	0.
12.75	9690	131758.5	191.18	46.753	618.11	424.34	0.1504	2820.47	0.
13.00	9880	134342.0	192.08	46.812	618.32	423.63	0.1477	2867.32	0.
13.25	10070	136925.5	192.96	46.869	618.53	422.94	0.1451	2914.11	0.
13.50	10260	139509.0	193.83	46.926	618.73	422.25	0.1426	2960.69	0.
13.75	10450	142092.5	194.69	46.982	618.94	421.59	0.1402	3007.22	0.
14.00	10640	144676.0	195.53	47.037	619.14	420.91	0.1378	3053.39	0.

ARTS MÉCANIQUES.

TABLEAU des principales valeurs relatives à la vapeur d'eau à l'état de saturation

PRESSION DE LA VAPEUR			TEMPÉRATURE en degrés centigrades. t	Quantité de cha- leur convertie en travail mé- canique externe par la transfor- mation de l'eau en vapeur. $Ap (V - v_0)$ ou $Apu.$	Excès de la chaleur interne d'un ki- logr. de vapeur sur la chaleur interne d'un ki- logramme d'eau à 0°. $J = Q - Apu$	Excès de la chaleur interne d'un ki- logr. de vapeur sur la chaleur interne d'un ki- logr. d'eau à la même tempéra- ture t . $r - Apu = p$	Valeurs des $u = V - v_0$	Valeurs du rapport. $\frac{p}{u}$	Volume du kilo- gramme de va- peur en mètres cubes. $V = u + 0,001$	Poids cube en mes.
en atmosphères.	en millimètres de mercure.	en kilogr. sur un mètre carré de surface. p								
0.1	76	1033.4	46.21	35.349	584.16	538.61	14.5034	37.14	14.5044	
0.2	152	2066.8	60.45	36.679	587.50	527.38	7.5246	70.09	7.5256	
0.3	228	3100.2	69.49	37.493	589.61	520.26	5.1278	101.46	5.1288	
0.4	304	4133.6	76.25	38.089	591.20	514.93	3.9069	131.80	3.9079	
0.5	380	5167.0	81.71	38.562	592.48	510.63	3.1644	161.37	3.1654	
0.6	456	6200.4	86.32	38.954	593.56	506.99	2.6638	190.33	2.6648	
0.7	532	7233.8	90.32	39.292	594.49	503.84	2.3030	218.77	2.3040	
0.8	608	8267.2	93.88	39.589	595.33	501.03	2.0304	246.77	2.0314	
0.9	684	9300.6	97.08	39.853	596.08	498.51	1.8168	274.38	1.8178	
1.0	760	10334.0	100.00	40.092	596.76	496.21	1.6450	301.65	1.6460	
1.1	836	11367.4	102.68	40.310	597.39	494.10	1.5036	328.62	1.5046	
1.2	912	12400.8	105.17	40.512	597.97	492.13	1.3851	355.29	1.3861	
1.3	988	13434.2	107.50	40.699	598.52	490.30	1.2845	381.70	1.2855	
1.4	1064	14467.6	109.68	40.873	599.03	488.58	1.1978	407.88	1.1988	
1.5	1140	15501.0	111.74	41.036	599.51	486.96	1.1225	433.82	1.1235	
1.6	1216	16534.4	113.69	41.190	599.97	485.42	1.0563	459.56	1.0573	
1.7	1292	17567.8	115.54	41.336	600.40	483.96	0.9976	485.11	0.9986	
1.8	1368	18601.2	117.30	41.473	600.81	482.57	0.9453	510.47	0.9463	
1.9	1444	19634.6	118.99	41.605	601.21	481.24	0.8984	535.64	0.8994	
2.0	1520	20668.0	120.60	41.730	601.58	479.97	0.8561	560.67	0.8571	
2.1	1596	21701.4	122.15	41.849	601.95	478.75	0.8176	585.52	0.8186	
2.2	1672	22734.8	123.64	41.964	602.30	477.58	0.7826	610.23	0.7836	
2.3	1748	23768.2	125.07	42.073	602.63	476.45	0.7505	634.80	0.7515	
2.4	1824	24801.6	126.46	42.180	602.96	475.35	0.7211	659.21	0.7221	
2.5	1900	25835.0	127.80	42.282	603.27	474.30	0.6939	683.50	0.6949	
2.6	1976	26868.4	129.10	42.380	603.57	473.27	0.6688	707.66	0.6698	
2.7	2052	27901.8	130.35	42.475	603.87	472.29	0.6454	731.71	0.6464	
2.8	2128	28935.2	131.57	42.567	604.15	471.33	0.6237	755.63	0.6247	
2.9	2204	29968.6	132.76	42.656	604.43	470.39	0.6035	779.42	0.6045	
3.0	2280	31002.0	133.91	42.742	604.70	469.48	0.5846	803.12	0.5856	
3.1	2356	32035.4	135.03	42.826	604.96	468.60	0.5668	826.72	0.5678	
3.2	2432	33068.8	136.12	42.907	605.22	467.74	0.5501	850.20	0.5511	
3.3	2508	34102.2	137.19	42.987	605.47	466.90	0.5345	873.57	0.5355	
3.4	2584	35135.6	138.23	43.064	605.71	466.08	0.5197	896.86	0.5207	
3.5	2660	36169.0	139.24	43.139	605.95	465.27	0.5057	920.05	0.5067	
3.6	2736	37202.4	140.23	43.212	606.18	464.50	0.4925	943.16	0.4935	
3.7	2812	38235.8	141.21	43.284	606.41	463.73	0.4800	966.14	0.4810	
3.8	2888	39269.2	142.15	43.353	606.63	462.99	0.4681	989.09	0.4691	
3.9	2964	40302.6	143.08	43.421	606.85	462.25	0.4568	1011.92	0.4578	
4.0	3040	41336.0	144.00	43.488	607.06	461.53	0.4461	1034.63	0.4471	
4.1	3116	42369.4	144.89	43.553	607.27	460.83	0.4358	1057.31	0.4368	
4.2	3192	43402.8	145.76	43.617	607.48	460.14	0.4261	1079.91	0.4271	
4.3	3268	44436.2	146.61	43.678	607.68	459.47	0.4168	1102.45	0.4178	
4.4	3344	45469.6	147.46	43.740	607.87	458.80	0.4079	1124.87	0.4089	
4.5	3420	46503.0	148.29	43.800	608.07	458.15	0.3993	1147.21	0.4003	
4.6	3496	47536.4	149.10	43.859	608.26	457.51	0.3912	1169.51	0.3922	
4.7	3572	48569.8	149.90	43.916	608.45	456.88	0.3834	1191.71	0.3844	
4.8	3648	49603.2	150.69	43.973	608.63	456.26	0.3759	1213.85	0.3769	
4.9	3724	50636.6	151.46	44.028	608.81	455.65	0.3687	1235.93	0.3697	

LEAU des principales valeurs relatives à la vapeur d'eau à l'état de saturation (suite).

2.		3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
PRESSION DE LA VAPEUR			TEMPÉRATURE	Quantité de chaleur convertie en travail mécanique externe par la transformation de l'eau en vapeur.	Excès de la chaleur interne d'un kilogr. de vapeur sur la chaleur interne d'un kilogramme d'eau à 0°.	Excès de la chaleur interne d'un kilogr. de vapeur sur la chaleur interne d'un kilogr. d'eau à la même température t .	Valeurs des	Valeurs	Volume du kilogramme de vapeur en mètres cubes.	Poids du mètre cube de vapeur en kilogrammes.
en millimètres de mercure.	en kilog. sur un mètre carré de surface.		en degrés centigrades.	$Ap (V - v_0)$ ou Apu	$J = Q - Apu$	$r - Apu = \rho$	$u = V - v_0$	du rapport.	$V = u + 0,001$	
	p		t					$\frac{\rho}{u}$		$\frac{1}{V}$
3800	51670.0		152.22	44.083	608.99	455.05	0.3617	1257.94	0.3627	2.757
3876	52703.4		152.97	44.137	609.16	454.46	0.3551	1279.87	0.3561	2.807
3952	53736.8		153.70	44.189	609.34	453.88	0.3487	1301.78	0.3497	2.859
4028	54770.2		154.43	44.241	609.51	453.31	0.3425	1323.57	0.3435	2.911
4104	55803.6		155.14	44.291	609.67	452.75	0.3365	1345.34	0.3375	2.963
4180	56837.0		155.85	44.342	609.84	452.19	0.3308	1367.00	0.3318	3.014
4256	57870.4		156.54	44.391	610.00	451.64	0.3252	1388.66	0.3262	3.066
4332	58903.8		157.22	44.439	610.16	451.11	0.3199	1410.24	0.3209	3.116
4408	59937.2		157.90	44.487	610.32	450.57	0.3147	1431.73	0.3157	3.168
4484	60970.6		158.56	44.534	610.47	450.05	0.3097	1453.20	0.3107	3.219
4560	62004.0		159.22	44.580	610.63	449.53	0.3048	1474.59	0.3058	3.270
4636	63037.4		159.87	44.626	610.78	449.02	0.3002	1495.93	0.3012	3.320
4712	64070.8		160.50	44.670	610.93	448.52	0.2956	1517.26	0.2966	3.371
4788	65104.2		161.14	44.715	611.08	448.02	0.2912	1538.44	0.2922	3.422
4864	66137.6		161.76	44.759	611.22	447.53	0.2869	1559.65	0.2879	3.472
4940	67171.0		162.37	44.801	611.37	447.05	0.2828	1580.81	0.2838	3.523
5016	68204.4		162.98	44.844	611.51	446.57	0.2788	1601.87	0.2798	3.574
5092	69237.8		163.58	44.886	611.65	446.10	0.2749	1622.90	0.2759	3.624
5168	70271.2		164.18	44.928	611.79	445.62	0.2711	1643.87	0.2721	3.674
5244	71304.6		164.76	44.968	611.93	445.17	0.2674	1664.82	0.2684	3.725
5320	72338.0		165.34	45.008	612.06	444.71	0.2638	1685.70	0.2648	3.776
5510	74921.5		166.77	45.108	612.40	443.58	0.2553	1737.66	0.2563	3.902
5700	77505.0		168.15	45.203	612.72	442.49	0.2473	1789.38	0.2483	4.027
5890	80088.5		169.50	45.296	613.04	441.43	0.2398	1840.79	0.2408	4.152
6080	82672.0		170.81	45.386	613.34	440.40	0.2328	1891.96	0.2338	4.277
6270	85255.5		172.10	45.475	613.64	439.38	0.2261	1942.80	0.2271	4.403
6460	87839.0		173.35	45.560	613.94	438.39	0.2199	1993.44	0.2209	4.527
6650	90422.5		174.57	45.643	614.22	437.43	0.2140	2043.85	0.2150	4.651
6840	93006.0		175.77	45.725	614.50	436.49	0.2084	2093.95	0.2094	4.775
7030	95589.5		176.94	45.804	614.78	435.56	0.2032	2143.85	0.2042	4.897
7220	98173.0		178.08	45.881	615.05	434.67	0.1981	2193.56	0.1991	5.023
7410	100756.5		179.21	45.957	615.31	433.78	0.1934	2242.94	0.1944	5.144
7600	103340.0		180.31	46.031	615.57	432.91	0.1889	2292.16	0.1899	5.266
7790	105923.5		181.38	46.103	615.82	432.07	0.1845	2341.25	0.1855	5.391
7980	108507.0		182.44	46.174	616.07	431.23	0.1804	2390.03	0.1814	5.513
8170	111090.5		183.48	46.243	616.42	430.41	0.1765	2438.62	0.1775	5.634
8360	113674.0		184.50	46.311	616.55	429.61	0.1727	2487.01	0.1737	5.757
8550	116257.5		185.51	46.379	616.79	428.81	0.1691	2535.11	0.1701	5.879
8740	118841.0		186.49	46.444	617.01	428.04	0.1657	2583.18	0.1667	5.998
8930	121424.5		187.46	46.508	617.34	427.27	0.1624	2631.00	0.1634	6.120
9120	124008.0		188.41	46.571	617.46	426.52	0.1592	2678.66	0.1602	6.242
9310	126591.5		189.35	46.633	617.68	425.78	0.1562	2726.08	0.1572	6.361
9500	129175.0		190.27	46.693	617.90	425.06	0.1533	2773.38	0.1543	6.481
9690	131758.5		191.18	46.753	618.11	424.34	0.1504	2820.47	0.1514	6.605
9880	134342.0		192.08	46.812	618.32	423.63	0.1477	2867.32	0.1487	6.725
10070	136925.5		192.96	46.869	618.53	422.94	0.1451	2914.11	0.1461	6.845
10260	139509.0		193.83	46.926	618.73	422.25	0.1426	2960.69	0.1436	6.964
10450	142092.5		194.69	46.982	618.94	421.59	0.1402	3007.22	0.1412	7.082
10640	144676.0		195.53	47.037	619.14	420.91	0.1378	3053.39	0.1388	7.205

Les températures t de la colonne 4 correspondantes aux pressions p sont connues par les expériences de M. Regnault et empruntées à la table donnée dans son ouvrage, ou déduites de cette table par interpolation.

Les valeurs de $Ap(V - v_0)$ ou Apu , en remplaçant $V - v_0$ par u de la colonne 5, sont calculées par la formule empirique $Apu = 50,456 \text{ L.} \frac{273 + t}{100}$ et diffèrent fort peu de celles que l'on tirerait de l'équation $Ap(V - v_0) = \frac{pQ}{(a + t) \frac{dp}{dt}}$. Ce sont les équi-

valents calorifiques des quantités de travail mécanique externe développées par la transformation d'un kilogramme d'eau en vapeur. Pour avoir ces quantités de travail, il suffit donc de multiplier les valeurs de Apu inscrites dans la colonne 5 par le nombre 424, équivalent mécanique de l'unité de chaleur. Le volume v_0 de l'eau liquide, à une température quelconque t , peut être considéré comme égal à 1/1000 de mètre cube, sans erreur appréciable, en raison de la faible dilatation de l'eau.

Chacun des nombres inscrits dans la colonne 6 devrait être obtenu en retranchant le nombre correspondant inscrit dans la colonne précédente de $606,5 + 0,305 t$, qui exprime, d'après les expériences de M. Regnault, la quantité de chaleur totale nécessaire pour échauffer un kilogramme d'eau de 0° à t° et le transformer en vapeur saturant l'espace, à la même température t et sous la pression p correspondante à laquelle l'eau liquide ainsi que sa vapeur ont été soumises pendant toute la durée de l'échauffement et de la vaporisation.

Chacun des nombres de la colonne 7 serait ensuite obtenu en retranchant du nombre inscrit dans la colonne 6, sur la même ligne, $t + 0,00002t^2 + 0,0000003 t^3$, qui exprime, d'après M. Regnault, la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température de l'eau liquide de 0° à t° , en la maintenant toujours sous la pression p . Toutefois, pour opérer en toute rigueur, il faudrait préalablement diminuer la quantité de chaleur nécessaire pour l'échauffement de l'eau de la chaleur équivalente au travail externe développé par la dilatation de l'eau, pendant qu'elle est échauffée de 0 à t° et qui serait $Ap(v' - v_0)$, en appelant v_0 le volume du kilogramme d'eau à 0° et v' le même volume à 100° . Mais, en raison de la faible dilatation de l'eau liquide, $v' - v_0$, ainsi que le produit $Ap(v' - v_0)$, est une quantité négligeable dans tous les cas. M. Zeuner a remarqué que les excès de la chaleur interne de la vapeur à l'état de saturation au-dessus de l'eau liquide à 0° ou à t° , calculés ainsi qu'il vient d'être dit et qu'il désigne respectivement par J et par φ , sont représentés avec une très-grande approximation par les deux formules empiriques très-simples

$$J = 573,34 + 0,2342t,$$

$$\varphi = 575,03 - 0,7882t.$$

Ce sont les valeurs calculées par ces dernières formules qui sont inscrites dans les deux colonnes 6 et 7.

Je prends comme exemple $t = 100^\circ$, $p = 760^{\text{mm}}$ de mercure ou 1 atmosphère, la table de Zeuner donne pour Apu la valeur 40,092.

Retranchant ce nombre de $606,5 + 0,305 \times 100 = 637$, on a 596,908 au lieu du nombre 596,76 inscrit dans la colonne 6.

Retranchant du nombre 596,908 le nombre $t + 0,00002t^2 + 0,0000003t^3$ qui, pour $t = 100^\circ$, est égal à 100,5, on a 496,408 au lieu de 496,21 inscrit dans la colonne 7.

Les valeurs de $u = V - v_0$ de la colonne 8 s'obtiennent en divisant les valeurs de Ap_u , colonne 5, par $\frac{1}{424}p$, la valeur de p étant prise dans la colonne 3.

Les valeurs $\frac{\rho}{u}$ de la colonne 9 expriment les rapports de la chaleur interne constitutive d'un kilogramme de vapeur au volume de la même vapeur que fournit un kilogramme d'eau, en négligeant toutefois v_0 par rapport à V , ce qui est permis. Ce rapport $\frac{\rho}{u}$, qui intervient fréquemment dans les calculs, n'est autre chose que la chaleur interne constitutive de l'unité de volume de vapeur. En effet, u étant le volume d'un kilogramme de vapeur, un volume de vapeur égal à l'unité pèsera $\frac{1}{u}$ kilogramme, et $\rho \times \frac{1}{u} = \frac{\rho}{u}$ sera par conséquent la chaleur interne constitutive de cette unité de volume.

La colonne 10 donne les volumes occupés par un kilogramme de vapeur en mètres cubes, en supposant que le volume v_0 du kilogramme d'eau liquide reste égal à $0^{\text{m.cub.}},001$, quelle que soit la température, c'est-à-dire en négligeant la dilatation de l'eau liquide de 0° à t° .

Le poids spécifique ou poids du mètre cube de vapeur, colonne 11, s'obtient en divisant l'unité par la valeur de V prise dans la colonne précédente.

Cette table est certainement plus exacte que celle des densités de la vapeur d'eau à saturation calculées d'après la composition chimique de la vapeur d'eau, en supposant qu'elle suive les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, et dont on fait habituellement usage. Elle l'est surtout beaucoup plus que ne le sont les tables dressées en appliquant la loi dite de Southern, qui suppose les densités de la vapeur d'eau à saturation croissantes simplement en raison des densités, sans avoir égard aux températures.

XXVII(*). Considérons un kilogramme d'eau partiellement transformée en vapeur contenue dans un vase, tout l'ensemble étant à la température t . La vapeur étant à l'état de saturation, nous connaissons sa force élastique p . Soit m le poids de la vapeur, $1 - m$ sera le poids de l'eau liquide. Proposons-nous de déterminer l'excès de la chaleur interne de cet ensemble, par rapport à la chaleur interne d'un kilogramme d'eau à 0° . c désignant la chaleur spécifique de l'eau liquide qui s'échauffe en se dilatant sous la pression constante p , $\int_0^t c dt$ sera l'expression de la chaleur nécessaire pour élever, dans

(*) L'analyse des §§ XXVII et XXVIII est empruntée à M. Zeuner.

ces circonstances, la température d'un kilogramme d'eau de 0° à t° . De cette chaleur, une partie est convertie en travail externe et disparaît; elle est égale à $Ap(v' - v_0)$, en appelant v_0 et v' les volumes d'un kilogramme d'eau sous la pression p , aux températures respectives de 0° et t° . L'excès de chaleur interne de l'eau à t° sur l'eau à 0° est donc seulement égal à $\int_0^t c dt - Ap(v' - v_0)$; $1 - m$ étant le poids de l'eau contenue par hypothèse dans le vase, la chaleur interne acquise par cette eau en passant de 0° à t° est donc :

$$\left[\int_0^t c dt - Ap(v' - v_0) \right] (1 - m). \quad (a)$$

Le poids de vapeur m a d'abord été, comme le reste de l'eau, échauffé de 0° à t° sous la pression p , puis vaporisé à la température t et sous la même pression p . L'accroissement de chaleur interne acquis par l'échauffement de l'eau liquide de 0° à t° est, d'après ce qui vient d'être dit, égal à

$$m \left[\int_0^t c dt - Ap(v - v_0) \right].$$

r désignant la chaleur de vaporisation d'un kilogramme d'eau, c'est-à-dire la chaleur nécessaire pour transformer en vapeur saturant l'espace à la température t et sous la pression correspondante p un kilogramme d'eau qui est déjà à la température t et sous la même pression, est composé de deux parties : l'une, équivalente au travail externe développé par la vapeur pendant qu'elle est engendrée sous la pression constante p , est égale à $Ap(V - v')$; l'autre, égale à la différence $r - Ap(V - v')$, représente seule la chaleur interne constitutive de la vapeur. L'accroissement de chaleur interne nécessité par la vaporisation du poids m d'eau est donc :

$$m \left[r - Ap(V - v') \right],$$

qui s'ajoute à l'accroissement de chaleur interne dû à l'échauffement de l'eau liquide. L'accroissement de chaleur interne du poids de vapeur m , à partir du même poids d'eau à 0° , est donc égal à

$$\begin{aligned} & m \left[\int_0^t c dt - Ap(v' - v_0) + r - Ap(V - v') \right] \\ &= m \left[\int_0^t c dt + r - Ap(V - v_0) \right]. \end{aligned} \quad (b)$$

Ajoutant (a) et (b) il vient pour l'excès de chaleur interne de l'ensemble de l'eau liquide et de la vapeur, en partant de l'eau à 0° et sous la pression p ,

$$\begin{aligned}
 (1 - m) \left[\int_0^t c dt - Ap(v' - v_0) \right] + m \left[\int_0^t c dt + r - Ap(V - v_0) \right] \\
 = \int_0^t c dt - Ap(v' - v_0) + mr - mAp(V - v');
 \end{aligned}$$

$v' - v_0$ est l'accroissement de volume d'un kilogramme d'eau liquide en passant de 0° à t° , accroissement assez petit pour que l'équivalent calorifique $Ap(v' - v_0)$ du travail auquel il donne lieu soit négligeable par rapport au terme $\int_0^t c dt$ et aux autres termes de l'expression précédente. En le supprimant, supposant par conséquent $v' = v_0$, et désignant par γ l'accroissement de chaleur interne de l'eau et de la vapeur à partir de l'eau à 0° , nous pouvons poser :

$$\gamma = \int_0^t c dt + m[r - Ap(V - v_0)].$$

Les valeurs de $r - Ap(V - v_0)$ ou $r - Apu$ sont données dans la colonne 7 de la table de M. Zeuner et désignées par ξ , ce qui permet d'écrire l'équation précédente sous la forme

$$\gamma = \int_0^t c dt + mr - mApu, \quad \text{ou encore} \quad \gamma = \int_0^t c dt + m\xi, \quad (m)$$

et de calculer la chaleur interne γ de l'ensemble d'eau et de la vapeur, en partant de la valeur de c connue par les expériences de M. Regnault et des nombres calculés d'avance dans la table.

La quantité totale de chaleur Q nécessaire pour transformer un kilogramme d'eau à 0° en vapeur saturant l'espace qu'elle occupe à la température t et en eau échauffée à la même température, les poids de vapeur et d'eau restant liquide étant entre eux respectivement m et $1 - m$, sera d'ailleurs

$$Q = \gamma + Ap(V - v_0) = \gamma + Apu,$$

sous la réserve expresse que l'échauffement et la vaporisation auront eu lieu sous la pression constante p .

XXVIII. Concevons maintenant que la quantité pondérale de vapeur et de liquide restant toujours égale à 1 kilogramme, le poids de vapeur m augmente de dm , tandis que la température subira une variation infiniment petite dt ; la pression p deviendra $p + dp$ ou $p + \frac{dp}{dt} dt$, la vapeur étant toujours à l'état de saturation, puisqu'elle est en con-

tact avec le liquide. La chaleur interne variera de $d\gamma$ et la différentiation de l'équation (m) donne :

$$d\gamma = cdt + d(m\varrho) = cdt + d(mr) - d(mApu). \quad (M)$$

Or $d(mApu) = Apd(mu) + Amudp$; p étant une fonction de t seul, nous remplacerons dp par $\frac{dp}{dt} dt$ et $mAudp$ par $mAu \frac{dp}{dt} dt$. L'équation différentielle devient donc :

$$d\gamma = cdt + d(mr) - mAu \frac{dp}{dt} dt - Apd(mu).$$

Or il a été établi, § XXV, que l'on a, entre la chaleur de vaporisation r et le travail externe Apu ou $Ap(V - v_0)$, la relation

$$r = A(a + t) \frac{dp}{dt} (V - v_0) = A(a + t) \frac{dp}{dt} u^{(*)},$$

d'où l'on tire :

$$Au \frac{dp}{dt} = \frac{r}{a + t}.$$

Substituant dans la valeur précédente de $d\gamma$, celle-ci devient :

$$d\gamma = cdt + d(mr) - \frac{mr}{a + t} dt - Apd(mu),$$

et en faisant passer le dernier terme du second membre dans le premier :

$$d\gamma + Apd(mu) = cdt + d(mr) - \frac{mr}{a + t} dt;$$

Mais $pd(mu)$ n'est autre chose que le travail externe développé par l'action de la vapeur, dans le changement d'état infiniment petit qui a augmenté de dm le poids de la vapeur existante, en diminuant de la même quantité le poids du liquide.

En effet, $d(mu)$ est l'accroissement du volume occupé par la vapeur dans l'ensemble, et cet accroissement ne diffère pas sensiblement de celui du volume total, puisque nous pouvons négliger la dilatation du liquide et le volume du liquide vaporisé par rapport au volume de la vapeur formée. Il suit de là que $d\gamma + Apd(mu)$ est la quantité de chaleur qu'a dû recevoir l'ensemble de l'eau et de la vapeur, pour rendre possible le changement d'état infiniment petit que nous considérons. Q désignant cette quantité totale de chaleur reçue, on aura donc :

$$dQ = cdt + d(mr) - \frac{mr}{a + t} dt. \quad (N)$$

Les équations (M) et (N) ont une grande importance dans la théorie des vapeurs, la première fait connaître la variation de la chaleur interne, la seconde la variation de la

(*) C'est l'équation (I) du § XXV, où la lettre Q est remplacée par r qui a la même signification, et $V - v_0$ par u .

chaleur fournie du dehors. Elle a été donnée pour la première fois, sous cette forme, par Clausius.

L'expression de la chaleur convertie en travail est, comme nous l'avons vu, $dQ - d\gamma = A p d(mu)$.

XXIX. L'équation (N) conduit à un résultat très-remarquable, que M. Hirn a vérifié par l'expérience.

Si l'on suppose que le volume occupé par la vapeur et le liquide subisse une variation infiniment petite, sans qu'il y ait afflux ni émission de chaleur, de telle sorte que l'on ait $dQ = 0$, l'équation (N) donne :

$$cdt + d(mr) - \frac{mrdt}{a+t} = 0,$$

et en divisant ses deux membres par $a+t$,

$$\frac{cdt}{a+t} + \frac{d(mr)}{a+t} - \frac{mrdt}{(a+t)^2} = 0.$$

Sous cette forme, l'intégration se fait immédiatement; car les deux derniers termes du premier membre $\frac{d(mr)}{a+t} - \frac{mrdt}{(a+t)^2}$ sont la différentielle exacte de $\frac{mr}{a+t}$.

L'intégration entre les limites de température t_1 et t_2 donne donc, en désignant par m_1 et m_2 les quantités pondérales de vapeur et par r_1 , r_2 les chaleurs de vaporisation respectivement correspondantes à ces températures :

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{c}{a+t} dt = \frac{m_1 r_1}{a+t_1} - \frac{m_2 r_2}{a+t_2}.$$

Admettons que la totalité du liquide fût transformée en vapeur saturant l'espace à la température initiale t_1 , on aura alors $m_1 = 1$, et l'équation précédente donne :

$$m_2 \times \frac{r_2}{a+t_2} = \frac{r_1}{a+t_1} - \int_{t_1}^{t_2} \frac{cdt}{a+t}.$$

Retranchant des deux membres de celle-ci $\frac{r_2}{a+t_2}$, et observant que

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{cdt}{a+t} = \int_0^{t_2} \frac{cdt}{a+t} - \int_0^{t_1} \frac{cdt}{a+t}, \text{ il vient :}$$

$$(m_2 - 1) \frac{r_2}{a+t_2} = \frac{r_1}{a+t_1} + \int_0^{t_1} \frac{cdt}{a+t} - \left(\frac{r_2}{a+t_2} + \int_0^{t_2} \frac{cdt}{a+t} \right). \quad (a)$$

$\frac{r}{a+t}$ étant toujours un nombre positif, on voit que cette équation donnera pour

$m_2 - 1$ une valeur positive ou négative, suivant que son second membre sera lui-même positif ou négatif. Or une valeur positive de $m_2 - 1$ ou $m_2 > 1$ indique évidemment qu'il tend à se former de nouvelle vapeur pour s'ajouter à celle qui existe, et qu'il s'en formerait, en effet, s'il restait encore du liquide en présence de la vapeur. Comme nous admettons que la totalité du liquide est vaporisée à la température t_1 , il s'ensuit qu'à la température t_2 la vapeur existante ne sature plus l'espace, qu'elle est par conséquent surchauffée. Une valeur de $m_2 - 1$ négative ou $m_2 < 1$ indique, au contraire, qu'une partie de la vapeur se précipite. Une valeur nulle de $m_2 - 1$ indiquerait que la vapeur qui était à l'état de saturation à la température t_1 est encore à l'état de saturation à la température t_2 .

Il est évident qu'un accroissement du volume primitif de la vapeur sera toujours accompagné d'un abaissement de température, et qu'une diminution de volume sera, au contraire, accompagnée d'une élévation de température, puisqu'il n'y a ni afflux de chaleur du dehors ni émission à l'extérieur, et que la vapeur exerce toujours sur la paroi du vase qui la renferme, soit que sa capacité aille en augmentant ou en diminuant, une pression égale à sa propre force élastique. Donc, si l'espace occupé par la vapeur est allé en augmentant, t_2 est $< t_1$; le contraire a lieu, et t_2 est $> t_1$, s'il y a eu diminution de l'espace occupé par la vapeur. En conséquence, si la fonction

$\frac{r}{a+t} + \int_0^t \frac{cdt}{a+t}$ croît en même temps que la température t , le second membre de

l'équation (a) sera positif quand le volume augmentera, négatif quand il diminuera. m_2 sera > 1 et la vapeur sera par conséquent surchauffée dans le premier cas, c'est-à-dire par l'expansion de son volume; m_2 sera < 1 et il y aura précipitation de vapeur dans le second cas, c'est-à-dire par la réduction de son volume. Les effets précisément contraires se produiront, c'est-à-dire que l'expansion sera accompagnée d'une précipitation de vapeur et la réduction de volume du suréchauffement de la vapeur, lorsque la

fonction $\frac{r}{a+t} + \int_0^t cdt$ croîtra pour une diminution et diminuera pour un accroissement de la température.

Posons $z = \frac{r}{a+t} + \int_0^t \frac{cdt}{a+t}$: la dérivée $\frac{dz}{dt}$ est positive ou négative, suivant

que les variations de la fonction z sont dans le même sens que celles de la variable t ou en sens inverse.

L'expansion d'une vapeur à l'état de saturation, sans addition ni soustraction de chaleur, sera donc accompagnée d'une liquéfaction partielle et la vapeur sera suréchauffée par la compression, si $\frac{dz}{dt}$ est négatif. Au contraire, la compression de la vapeur donnera lieu à une liquéfaction partielle et l'expansion au suréchauffement, si $\frac{dz}{dt}$ est positif.

Voyons ce qui doit arriver aux substances diverses dont les expériences de M. Regnault nous ont fait connaître la chaleur de vaporisation r et la chaleur spécifique c à l'état liquide. Pour toutes ces substances, M. Regnault a déterminé et exprimé par une formule empirique ce qu'il appelle la chaleur totale d'évaporation, c'est-à-dire la quantité de chaleur nécessaire pour transformer l'unité de poids de la substance liquide à 0° en vapeur saturant l'espace à la température t et sous la pression correspondante p , qui s'exerce sur le liquide pendant toute la durée de l'échauffement et de la transformation en vapeur. Cette chaleur totale qu'il désigne par λ est une fonction de t . D'un autre côté, il a déterminé et exprimé aussi par une formule empirique la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température du liquide de 0° à t° , tandis que ce liquide est soumis à la pression p . Cette quantité de chaleur n'est autre chose que l'intégrale $\int_0^t c dt$. La désignant par q , l'on a $q = \int_0^t c dt$, et $\frac{dq}{dt} = c$. La chaleur de vaporisation r s'obtient en retranchant q de λ . $r = \lambda - q$. Substituant cette valeur de r dans l'expression de la fonction z , on a :

$$z = \frac{\lambda - q}{a + t} + \int_0^t \frac{c dt}{a + t},$$

et en prenant la dérivée :

$$\frac{dz}{dt} = \frac{1}{a + t} \left(\frac{d\lambda - dq}{dt} \right) - \frac{1}{(a + t)^2} (\lambda - q) + \frac{c}{a + t}.$$

En mettant $\frac{1}{(a + t)^2}$ en facteur commun aux termes du second membre, il vient :

$$\frac{dz}{dt} = \frac{1}{(a + t)^2} \left[(a + t) \left(\frac{d\lambda}{dt} - \frac{dq}{dt} \right) - \lambda + q + c (a + t) \right].$$

En ayant égard à ce que $c = \frac{dq}{dt}$, l'équation précédente se réduit, par la suppression des deux termes qui se détruisent dans le second membre, à :

$$\frac{dz}{dt} = \frac{1}{(a + t)^2} \left[(a + t) \frac{d\lambda}{dt} - \lambda + q \right].$$

Le signe de $\frac{dz}{dt}$ est le même que celui du facteur entre parenthèses du second membre.

La précipitation partielle ou le suréchauffement de la vapeur par expansion ou réduction du volume et *vice versa* dépend donc uniquement du signe de la fonction $(a + t) \frac{d\lambda}{dt} - \lambda + q$, qu'on peut aisément obtenir en partant des formules empiriques de M. Regnault.

Pour l'eau, on a, d'après ce savant :

$$\lambda = 606,5 + 0,305t, \quad \text{d'où} \quad \frac{d\lambda}{dt} = 0,305$$

$$q = t + 0,00002t^2 + 0,0000003t^3; \quad \text{d'ailleurs} \quad a + t = 273 + t,$$

donc :

$$(a + t) \frac{d\lambda}{dt} - \lambda + q = -523,235 + t + 0,00002t^2 + 0,0000003t^3.$$

Cette valeur étant négative pour toutes les valeurs de t comprises entre 0° et 200° ou 230° auxquelles s'appliquent les formules empiriques de M. Regnault, il s'ensuit qu'entre ces limites la vapeur d'eau à l'état de saturation est partiellement liquéfiée par la dilatation et suréchauffée par la réduction de volume opérée sans addition ni soustraction de chaleur. Cette conséquence des principes de la théorie mécanique de la chaleur et des propriétés de l'eau et de sa vapeur a été tirée depuis longtemps par Clausius, lorsque l'opinion contraire était généralement répandue. M. Hirn a montré, depuis, qu'elle est pleinement confirmée par l'expérience directe.

Pour le sulfure de carbone, M. Regnault donne (§ XXIV)

$$\lambda = 90 + 0,14601t - 0,0004123t^2, \quad \text{d'où} \quad \frac{d\lambda}{dt} = 0,14601 - 0,0008246t$$

$$q = 0,23523t + 0,000081515t^2,$$

de là :

$$(a + t) \frac{d\lambda}{dt} - \lambda + q = -50,189 + 0,0101t - 0,000331t^2,$$

nombre négatif pour toutes les valeurs de t . La vapeur de sulfure de carbone doit donc se comporter comme la vapeur d'eau.

Pour l'alcool, M. Regnault ne donne pas de formule qui exprime la valeur de λ , mais seulement un tableau des valeurs de λ correspondantes aux diverses températures. On a d'ailleurs, d'après lui :

$$q = 0,54754t + 0,0011218t^2 + 0,000002206t^3, \quad (m)$$

ce qui permet de calculer les valeurs numériques de $\frac{r}{a+t} = \frac{\lambda - q}{a+t}$, correspondantes aux diverses températures.

On a d'ailleurs $\int_0^t \frac{cdt}{a+t} = \int_0^t \frac{dq}{a+t}$. La valeur de dq étant tirée de l'équation

(m) et portée sous le signe $\int$, l'intégration s'effectue sans difficulté et l'on a par

conséquent une formule qui donne $\int_0^t \frac{cdt}{a+t}$ en fonction de t , d'où l'on peut tirer

les valeurs numériques correspondantes à celles de $\frac{\lambda - q}{a+t} = \frac{r}{a+t}$. Ces calculs font

voir qu'entre les limites des expériences $\frac{r}{a+t} + \int_0^t \frac{cdt}{a+t}$ décroît à mesure que la température augmente. La vapeur d'alcool se comporte donc encore comme la vapeur d'eau.

Pour l'éther vinique on a, d'après M. Regnault :

$$\lambda = 94 + 0,45t - 0,0005555t^2, \quad \text{d'où} \quad \frac{d\lambda}{dt} = 0,45 - 0,0011111t$$

$$q = 0,529t + 0,00029587t^2,$$

donc :

$$(a+t) \frac{d\lambda}{dt} - \lambda + q = 28,85 + 0,2257t - 0,0002597t^2.$$

Ce nombre étant positif pour toutes les valeurs de t comprises entre les températures auxquelles les formules empiriques sont applicables, il en résulte que la vapeur d'éther doit se comporter tout autrement que la vapeur d'eau, qu'elle doit être partiellement précipitée par la compression et suréchauffée par la dilatation, sans addition ni soustraction de chaleur.

M. Hirn a publié dans le *Cosmos*, 12^e vol., p. 113, un mémoire remarquable, intitulé, *Confirmation expérimentale de la seconde proposition de la théorie mécanique de la chaleur*, dans lequel il rend compte de quelques expériences sur les vapeurs d'eau, de sulfure de carbone et d'éther, dont les résultats sont d'accord avec les déductions théoriques exposées précédemment. Voici le passage du mémoire de M. Hirn.

« Au col d'un flacon résistant en cristal, j'adaptai une pompe dont la capacité appro-
 « chait de celle du flacon et dont le bas était muni d'un robinet. Ayant versé de l'é-
 « ther dans le flacon, on le plongeait jusqu'au col dans l'eau à 50° environ; on ouvrait
 « le robinet jusqu'à ce qu'on jugeât que l'air fût complètement expulsé, puis on fer-
 « mait le robinet et l'on plongeait la pompe elle-même avec le flacon dans l'eau
 « chaude. A l'instant, le piston était poussé jusqu'en haut par la vapeur de l'éther :
 « retirant alors rapidement l'appareil de l'eau, on faisait descendre vivement le piston.
 « Aussitôt, et seulement pendant un instant, le flacon se remplissait d'un brouillard
 « très-visible..... »

« Ayant substitué du sulfure de carbone à l'éther et répété l'expérience rigoureu-
 « sement dans les mêmes conditions, je reconnus que la vapeur du flacon restait par-
 « faitement transparente au moment de la compression.

« L'expérience précédente est d'ailleurs confirmée par une autre que j'ai faite
 « aussi. Tandis que la vapeur d'eau tombe de 152° à 137°, lorsqu'elle se précipite
 « sous forme de jet d'un réservoir où elle est à 5 atmosphères dans un autre où elle
 « est à 1 atmosphère, la vapeur d'éther au contraire monte, dans les mêmes condi-
 « tions, de 88° à 96°. »

Pour le chloroforme, M. Regnault donne les formules :

$$\lambda = 67 + 0,1375t; \quad \text{d'où : } \frac{d\lambda}{dt} = 0,1375$$

$$q = 0,23235t + 0,000050716t^2;$$

donc

$$(a + t) \frac{d\lambda}{dt} - \lambda + q = -29,4625 + 0,23235t + 0,000050716t^2.$$

Il paraîtrait, d'après cela, que la vapeur de chloroforme, de 0° à 125° environ, se comporterait comme la vapeur d'eau, et que de 125° à 160°, limite supérieure des températures auxquelles s'appliquent les formules empiriques, elle se comporterait au contraire comme la vapeur d'éther.

Pour le chlorure de carbone, M. Regnault donne :

$$\lambda = 52 + 0,14625t - 0,000172t^2, \quad \text{d'où : } \frac{d\lambda}{dt} = 0,14625 - 0,000344t$$

$$q = 0,19797t + 0,00009058t^2;$$

donc

$$(a + t) \frac{d\lambda}{dt} - \lambda + q = -12,0735 + 0,10406t - 0,000081t^2.$$

La vapeur de chlorure de carbone serait donc dans le même cas que celle de chloroforme. Elle se comporterait comme la vapeur d'eau depuis 0° jusque vers 140°, et entre 140° et 160° comme la vapeur d'éther, en admettant que les formules empiriques soient applicables jusqu'à 160°.

Enfin, pour l'acétone, M. Regnault donne, entre 0° et 140° :

$$\lambda = 140,5 + 0,3664t - 0,000516t^2, \quad \text{d'où : } \frac{d\lambda}{dt} = 0,3664 - 0,001032t$$

$$q = 0,50643t + 0,00039648t^2;$$

donc

$$(a + t) \frac{d\lambda}{dt} - \lambda + q = -40,473 + 0,22469t - 0,0001196t^2.$$

La vapeur d'acétone, entre les limites de températures auxquelles les formules sont applicables, doit donc se comporter comme la vapeur d'eau.

(*La suite prochainement.*)

CHEMINS DE FER.

SUR LES TRAVAUX ET LE MATÉRIEL FIXE ET ROULANT DU CHEMIN DE FER DE LYON A LA CROIX-ROUSSE, PAR M. MOLINOS,

Membre du comité des arts économiques (1).

Le plateau de la Croix-Rousse, voisin du quartier le plus peuplé et le plus commercial de la ville de Lyon, les Terreaux, est situé à une altitude considérable au-dessus de la presqu'île lyonnaise. Il est en grande partie habité par des ouvriers en soie; les relations incessantes qui existent entre cette population industrielle et les fabricants qui habitent les quartiers inférieurs de la ville donnent lieu à une circulation des plus actives. Les communications sont naturellement fort difficiles; sur le versant de l'ancien jardin des Plantes, les piétons peuvent parvenir à la Croix-Rousse, soit au moyen d'escaliers, soit par la rue dite de la Grande-Côte, qui, dans un parcours d'à peu près 500 mètres, franchit une différence de niveau d'environ 80 mètres, et présente, en certains endroits, des pentes de 0^m,20 par mètre.

L'importance et les difficultés de la circulation entre ces deux quartiers ont donné l'idée du chemin de fer de Lyon à la Croix-Rousse.

Le projet consistait donc à établir un plan incliné aussi latéral que possible à la grande artère jusqu'alors parcourue par le public, la Grande-Côte, partant du plateau de la Croix-Rousse, près de l'ancien mur d'enceinte, pour aboutir à la partie inférieure en face de la rue Terme prolongée, suivant ainsi le chemin le plus direct de la Croix-Rousse à la place des Terreaux. La hauteur à franchir était de 70 mètres, la longueur totale du plan incliné de 489^m,20, et la pente par mètre, en déduisant les paliers des gares, de 0^m,1605 par mètre.

Les trains devaient être très-fréquents, toutes les cinq minutes environ; ils devaient pouvoir transporter en moyenne 30,000 personnes par jour.

Telles sont les données principales sur lesquelles le projet a dû être rédigé. C'était un problème absolument nouveau; il fallait, en effet, transporter des voyageurs sur un plan incliné de 0^m,1605 par mètre, sans que, dans aucun cas, une pente aussi rapide pût être une cause de danger. Il fallait parer aux conséquences d'une rupture du câble, accident toujours possible, au moyen de freins sans analogues jusqu'à ce jour.

Nous allons décrire quelques-unes des dispositions principales de ce projet,

(1) Communication faite en son nom et en celui de M. Pronnier, ingénieur.

dont plusieurs, imposées par des conditions si spéciales, sont nécessairement nouvelles.

Le chemin de fer de la Croix-Rousse a été construit pour satisfaire à la fois au service des voyageurs et des marchandises.

Aujourd'hui le service seul des voyageurs est ouvert.

Le tarif des places est de 10 centimes en secondes et de 20 centimes en premières.

La durée d'un voyage est de trois minutes environ.

La vitesse des trains est de 2 mètres par seconde.

Les travaux, commencés en février 1860, ont été complètement achevés en février 1862.

Le service des voyageurs se fait au moyen d'une machine fixe et d'un câble. A chaque extrémité du câble est attaché un train composé de trois voitures, pouvant contenir chacune 108 voyageurs. La machine met le câble en mouvement, de manière qu'un train monte tandis que l'autre descend. On peut ainsi, à chaque voyage, transporter dans chaque sens 324 personnes.

Le tracé du chemin se compose d'un alignement unique, constamment en déblais ou en tunnels. Les travaux d'art ont présenté de grandes difficultés, à cause des nombreux travaux de soutènement exécutés pour conserver intacts des immeubles importants rencontrés par la ligne.

La pente est uniforme et de 0^m,1605 par mètre.

Les machines sont horizontales, analogues aux machines d'extraction des mines. Elles sont au nombre de deux, l'une destinée au service des voyageurs, l'autre au service des marchandises. Chacune d'elles est de la force de 150 chevaux.

La détente variable ne pouvant être employée à cause de la brièveté du parcours qui dure 3 à 4', elles sont à haute pression (5 atmosphères), sans condensation.

Le diamètre des cylindres est de 0^m,680 ; la course des pistons, de 2 mètres ; ce qui les rend très-maniabiles.

Le tambour d'enroulement du câble a 4^m,50 de diamètre. Il est formé de disques en fonte sur lesquels sont fixées des douves de chêne. Un mécanisme directeur a pour objet de répartir uniformément le câble sur ce tambour, de manière que les brins ne puissent jamais chevaucher les uns sur les autres. Ce mécanisme se compose d'un chariot mû par une vis sur une glissière analogue à un banc de tour à fileter. Ce chariot porte deux poulies entre lesquelles passe le câble. Le mouvement de la vis est lié à celui du tambour, de manière que, pour un tour de ce dernier, le chariot avance de l'épaisseur du câble, plus un jeu convenable. Le câble est ainsi régulièrement enroulé, suivant une hé-

lice. Le tambour a une longueur telle, que le brin montant, partant d'une extrémité, arrive, à la fin d'un voyage, à l'autre extrémité, en laissant encore la place de quelques tours du câble, en nombre suffisant pour éviter le glissement.

Le tambour est muni de deux puissants freins à bande, capables chacun d'arrêter la machine. L'un est manœuvré à la main au moyen d'une vis; l'autre, au moyen d'un cylindre à vapeur spécial placé sous le tambour. Ce cylindre, calculé dans les conditions ordinaires, ne devrait avoir que 0,17 de diamètre; nous lui avons donné 0,35, afin que le frein pût arrêter la machine dans l'hypothèse de la lubrification de la couronne sur laquelle frotte la bande de fer.

Les chaudières, au nombre de deux, sont tubulaires et à courant d'air forcé, d'un système qui a déjà reçu de nombreuses applications.

Réchauffeur.

A l'effet d'utiliser, autant que possible, la chaleur perdue de la vapeur d'échappement, l'eau d'alimentation aspirée par la pompe est refoulée dans un appareil tubulaire, où elle est réchauffée au contact de la vapeur d'échappement.

Cet appareil se compose d'un cylindre en tôle contenant des tubes, dont les extrémités sont engagées dans deux plaques percées de trous à cet effet. L'eau d'alimentation, arrivant dans un réservoir ménagé au-dessous de la plaque tubulaire inférieure, est refoulée par la pompe à travers les tubes, et arrive, dans un second réservoir situé au-dessus de la plaque tubulaire supérieure, d'où elle se rend dans les chaudières. La vapeur d'échappement, introduite dans la partie de l'appareil comprise entre les deux plaques tubulaires, circule autour des tubes avant de se rendre dans la cheminée, et réchauffe ainsi l'eau d'alimentation à son passage dans ces tubes.

Nous avons adopté cette disposition, inverse de celle des chaudières tubulaires usitées, parce que, l'eau passant dans l'intérieur des tubes, il sera facile de les nettoyer, lorsqu'ils seront incrustés, par un large orifice ménagé dans les réservoirs extrêmes par lequel tous ces tubes sont facilement abordables.

Les réservoirs et la plaque tubulaire attenants à chacun d'eux ont été exécutés en fonte épaisse, afin qu'ils soient en état de résister à la pression. Ce réchauffeur, dont le fonctionnement est excellent, porte la température de l'eau d'alimentation à environ 90 degrés.

Les chaudières étant placées dans un plan supérieur aux cylindres des machines, nous avons adapté à la conduite principale des purgeoirs à flotteurs dits *purgeoirs Pougault*.

Câble.

Le câble supporte une tension maxima de 9,000 kilogrammes. Sa construction présentait de grandes difficultés. D'une part, afin d'obtenir toutes les conditions désirables de sécurité, nous nous sommes imposé de ne pas faire supporter à ce câble un effort supérieur à $1/10^e$ de son effort de rupture. D'un autre côté, nous devions nous appliquer à réduire, autant que possible, son poids et son diamètre : le poids, afin de diminuer l'inégalité du travail de la machine qui, au départ, doit enlever tout le câble étendu sur la voie montante; le diamètre, afin que le câble souffrit le moins possible de son enroulement sur le tambour et sur les grandes poulies de renvoi. Ces conditions nous ont conduits à l'emploi de la matière la plus résistante connue dans la fabrication des fils, l'acier fondu.

Le câble se compose de 7 torons de 36 fils chacun, formant en total 252 fils de 2 millimètres de diamètre. La résistance de chacun de ces fils a été reconnue par des expériences directes de 408 kilogrammes environ, ce qui donne, pour la résistance totale du câble, 102,800 kilogrammes.

Les attaches du câble avec le train sont faites au moyen d'une pièce en bronze, présentant à peu près la forme de la moitié d'un 8. L'extrémité est repliée dans la gorge de cette pièce et est épissée avec le câble sur une longueur d'environ 0^m,80. La pièce en bronze est percée d'un trou traversé par un bouillon relié au moyen de deux flasques en fer à la barre d'attelage du waggon.

Les voitures de très-grandes dimensions sont à deux étages. Elles contiennent 108 personnes, et un train se composant de trois de ces voitures peut ainsi transporter 324 personnes. Les bancs de ces voitures sont inclinés, de manière à racheter la moitié de la pente du chemin; de cette façon, on est bien assis en palier et sur la pente. Le poids moyen d'une voiture toute chargée est 19,000 kilog.

Freins.

Le problème le plus difficile et le plus nouveau dans ce matériel était celui des freins; nous avons dû l'aborder de front et dans sa plus grande généralité.

En effet, l'exploitation d'un chemin appelé à un trafic de voyageurs aussi considérable doit présenter une sécurité absolue. L'accident à craindre est unique, c'est la rupture du câble; il fallait y parer de manière que cet accident ne fût plus un danger. Les freins devaient, à cet effet, être capables d'arrêter les véhicules sur la pente, sans secousse dangereuse pour les voyageurs, et de plus leur fonctionnement devait être assuré par le fait même de la rup-

ture du câble, afin qu'il ne fût pas subordonné à l'exactitude ou au sang-froid d'un agent. Sur une pente de 0^m,1605 par mètre, l'enrayement des roues est insuffisant à produire l'arrêt, attendu que, dans certaines conditions d'humidité des rails, un waggon glisserait, toutes les roues enrayées. Il était donc nécessaire de trouver une force additionnelle qui, jointe à l'enrayement des roues, fût capable d'arrêter le waggon sur la pente.

Nous avons employé deux systèmes de freins.

Le premier, qui a pour objet l'enrayage des roues, se compose de quatre freins à bandes, analogues à ceux qui sont employés sur les grues ; ils entourent les jantes des roues élargies intérieurement à cet effet et en saillie sur les bandages. Chaque bande est articulée avec un levier, qui porte à son autre extrémité un contre-poids. Quand les contre-poids tombent, les bandes viennent s'appliquer sur les jantes, les serrent énergiquement et enrayent les roues.

Le second système se compose d'un arbre portant à ses extrémités deux appareils identiques. Chacun d'eux consiste essentiellement en une poulie à gorge conique calée sur l'arbre, et en deux fortes mâchoires d'étau au travers desquelles l'arbre passe avec un jeu convenable.

Chaque mâchoire est reliée avec une pièce en forme de joug, formant écrou en son centre ; ces écrous se vissent sur les parties filetées de l'arbre de chaque côté de la poulie ; les deux pas de vis sont en sens contraire.

Si le câble casse ou si la tension diminue et devient voisine de la tension initiale du ressort de traction, celui-ci, en se détendant, pousse une came qui soutient l'ensemble de l'appareil suspendu : l'appareil tombe sur le rail, et la poulie à gorge conique l'embraye énergiquement. Le waggon continuant à descendre, la poulie tourne avec la vis et rapproche les mâchoires de l'étau ; ces dernières, en serrant le champignon du rail, produisent un frottement calculé de manière à arrêter le véhicule.

La chute de ce frein provoque celle des contre-poids des freins à bandes.

Le waggon de tête du train est seul muni d'un ressort de traction. Pour assurer le fonctionnement des freins du second waggon, la came qui soutient le frein à mâchoires est reliée, au moyen d'une tige, d'un tendeur et d'une manivelle, à l'arbre de support du premier frein, de manière que, le premier frein tombant, sa chute entraîne forcément celle du second frein, et ainsi de suite.

Enfin, pour plus de sécurité, les freins peuvent encore être mis en jeu par un mécanisme tout à fait indépendant du premier, manœuvré du waggon de tête par le garde-frein. Une vis agissant, par l'intermédiaire d'un levier et d'une tige, sur la came supportant le frein peut aussi en provoquer la chute.

Le calcul de ces freins présente des incertitudes, à cause de la variation des

coefficients de frottement. Voici comment nous l'avons établi, et le résultat de nos calculs a été à peu près vérifié par l'expérience.

Il résulte d'expériences directes qu'un waggon ayant ses quatre roues enrayées ne peut glisser sur un plan ayant une inclinaison inférieure à 0^m,20 par mètre. On peut donc admettre que l'action des freins des roues est équivalente à l'effet de 0^m,420 de pente et lui fait équilibre dans le cas qui nous occupe; le frein à mâchoires doit ainsi agir comme s'il était appliqué seul à un véhicule placé sur une rampe de 0^m,0405 (0^m,4605 — 0^m,420).

L'écartement des mâchoires du frein est, au repos, de 0^m,422; si l'on retranche l'épaisseur du champignon du rail qui est de 0^m,062, on aura le chemin qu'elles auront à parcourir avant de serrer le rail; ce chemin est de 0^m,030 de chaque côté du rail. Le chemin correspondant parcouru par l'écrou est en raison directe des bras de leviers, c'est-à-dire

$$\frac{0^m,030 \times 0^m,410}{0^m,600} = 0^m,0205.$$

Le pas de la vis étant de 0^m,020, on voit qu'il faudra un tour complet de la poulie avant que les mâchoires soient en contact avec le rail; pendant ce temps le waggon aura parcouru un chemin égal à la circonférence de contact de la poulie avec le rail, soit :

$$0^m,320 \times 3.14 = 1 \text{ mètre,}$$

et sa vitesse se sera accrue dans la proportion suivante :

La vitesse, au moment de la rupture du câble, est de 2 mètres, suivant le plan incliné; l'enrayage des roues ayant lieu instantanément, le waggon se comporte comme s'il était abandonné sur une pente de 0^m,0405 par mètre, sur laquelle il possède une vitesse de 2 mètres.

Après avoir parcouru la distance de 1 mètre, sa vitesse sera de :

$$V = \sqrt{2je + V_0^2} = \sqrt{\frac{2 \times 684 \times 9.81 \times 2^2}{19.000}} = 2^m.167,$$

684 kilogrammes étant la composante du poids du waggon parallèle au plan incliné de 0^m,0405, moins la résistance au roulement.

La puissance vive acquise par le waggon au même instant sera de :

$$\frac{19.000 \times (2.167)^2}{2 = 9,82} = 4548 \text{ kilog.}$$

Il s'agit de détruire cette puissance vive par le travail du frottement des mâchoires sur les rails.

Or le poids de l'appareil qui tombe sur chaque rail est de 450 kilogrammes;

l'effort tangentiel à la poulie, produit par le frottement, sera de :

$$450 \times 3 \times 0,12 = 162 \text{ kilog.}$$

en tenant compte de l'inclinaison des joues, qui est de $1/3$ au point de contact avec le rail.

Le diamètre de la circonférence de contact étant de $0^m,320$, et le pas de la vis de $0^m,020$, l'effort, suivant l'axe de la vis, sera, en négligeant les frottements de la vis dans l'écrou,

$$\frac{162 \times 3,14 \times 0,320}{0,020} = 8.100 \text{ kilog.}$$

qui, reporté à l'extrémité des machines, devient :

$$\frac{8,100 \times 0,410}{0,600} = 5.536 \text{ kilog.}$$

Cette pression produira, suivant l'axe du rail, une résistance sensiblement constante de :

$$5,535 \times 0,25 = 1.384 \text{ kilog.}$$

et pour les deux appareils :

2768 kilogrammes.

Le chemin que le waggon parcourra, depuis le serrage des freins à mâchoires jusqu'au moment de son arrêt complet pendant cette période, sera donc égal à :

$$\frac{4548}{2768 - 684} = 2^m,274.$$

La moyenne des nombreuses expériences faites a donné $2^m,500$.

Pour que les freins ne tombent pas lorsque les trains entrent dans les quais, où l'effort de traction devient presque nul, on a empêché la rotation de l'arbre auquel est suspendu le frein de tête. A cet effet, cet arbre porte à l'une de ses extrémités, en dehors du châssis, une manivelle munie d'un galet qui vient s'appuyer, et roule sur une lisse fixée au quai. Cette disposition permet au ressort de traction de pousser la came sans que l'appareil des freins puisse tomber. La lisse est prolongée en dehors des quais, jusqu'au point où la tension du câble est suffisante pour que la came reprenne sa position initiale.

Réception du chemin.

La réception du chemin de fer de la Croix-Rousse n'a eu lieu qu'après de

nombreuses expériences, dont le résultat a démontré l'efficacité des dispositions adoptées et la sécurité qu'elles assurent à l'exploitation.

La commission de réception était composée de MM. Aynard, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et Dusouich, ingénieur en chef des mines. MM. Gros, ingénieur des ponts et chaussées, et Luuyt, ingénieur des mines, ont été adjoints à la commission.

La réception des travaux, des machines, etc., ne pouvait soulever aucune difficulté. Mais le matériel roulant et le câble devaient être l'objet de nombreuses expériences.

A ce sujet, le programme arrêté par la commission, de concert avec l'administration supérieure, portait les prescriptions suivantes :

1° Les voitures destinées au service des voyageurs seront chargées d'un poids au moins égal au maximum qu'elles doivent porter dans le service ordinaire ; ce poids étant calculé à raison de 70 kilogrammes par voyageur.

2° Avec les voitures ainsi chargées, il sera fait, pendant deux jours, des essais de circulation depuis huit heures du matin jusqu'à dix heures du soir. Ces essais consisteront à faire quatre trains par heure dans chaque sens, à quinze minutes d'intervalle. Les trains marcheront avec la vitesse réglementaire de 2 mètres par seconde.

3° On procédera ensuite à l'épreuve des freins, en essayant isolément, s'il est possible, les freins de chaque voiture, et en soumettant ensuite à des épreuves simultanées les voitures qui composent le train.

Chaque paire de freins devra être éprouvée au moins trois fois.

Si la commission juge que les épreuves multipliées puissent fatiguer les assemblages des caisses avec leurs châssis, elle pourra faire le plus grand nombre des essais relatifs aux freins avec les châssis chargés sans les caisses.

Dans ces essais, la commission fera en sorte de réaliser, autant que possible, les circonstances qui se produiraient si le câble venait à se rompre, soit pendant la montée du train, soit pendant la descente.

Enfin le câble devait être essayé soit directement, soit en soumettant à l'épreuve un certain nombre de fils métalliques de même provenance et de même grosseur que ceux dont le câble est composé, de manière à s'assurer que le plus grand effort auquel le câble peut être soumis ne dépasse pas le dixième de la traction qui produirait la rupture.

Les essais à exécuter sur les freins devant être nombreux, il fut convenu que les caisses des voitures seraient enlevées, et que les essais auraient lieu sur des trucks chargés d'un poids représentant la caisse et la surcharge en voyageurs.

Cette manière de procéder ne présente aucun inconvénient; en effet, il ne

faut pas perdre de vue que les freins ne sont pas destinés à un fonctionnement fréquent ; au contraire, ils ne doivent être mis en jeu que lors d'un accident absolument exceptionnel. Il est donc peu important que les caisses souffrent quelque peu des secousses résultant de nombreux essais. Ce qui importe, c'est qu'elles résistent sans dommage appréciable à une expérience.

Pour l'essai des freins, les caisses furent donc enlevées, et les trucks chargés d'un poids de 12 tonnes et demie.

Un train ne se composait que de deux voitures.

Il était difficile d'essayer les freins de chaque waggon séparément, puisque la chute des freins des waggon attelés au waggon de tête est provoquée seulement par celle du frein de ce premier waggon.

Il fut donc convenu que le train serait essayé entier et dans les circonstances les plus défavorables, c'est-à-dire en simulant la rupture du câble à la descente, le train animé d'une vitesse au moins égale à la vitesse réglementaire.

Pour simuler la rupture du câble, nous avons interposé entre le câble et la barre d'attelage du waggon de tête un déclic qu'un homme pouvait déclancher à la main, d'un coup de marteau.

On mettait en marche le train à essayer, dans le sens de la descente. Lorsqu'il avait atteint la vitesse réglementaire de 2 mètres, à un signal donné on déclanchait le déclic, et le train se trouvait abandonné à lui-même sur la pente, dans des conditions identiques à celles qui seraient produites lors d'une rupture du câble. Les freins fonctionnaient alors automatiquement, et arrêtaient le train sans secousse appréciable ; l'espace parcouru par le train, entre la chute du frein et l'arrêt, était d'environ 3 mètres.

Ces expériences concluantes ont été répétées seize fois, avec le succès le plus complet, en présence de la commission et d'un nombreux public rassuré par ce spectacle sur l'efficacité des précautions prises pour donner au service la sécurité la plus absolue.

Pour terminer, un dernier essai fut fait avec les caisses de voitures chargées de sacs de terre, pour s'assurer qu'elles résistaient aux légères secousses résultant de l'arrêt. Deux expériences établirent que l'action des freins ne présentait pour les caisses aucun inconvénient.

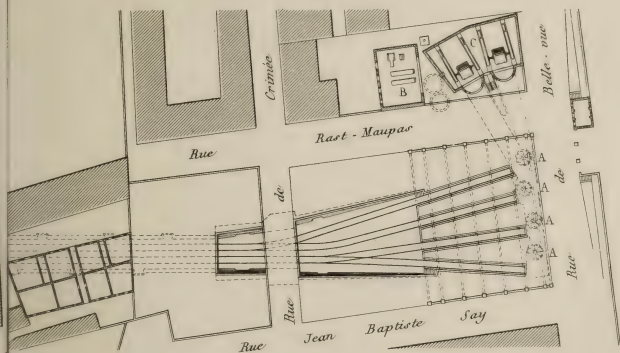
Les fils du câble furent essayés en grand nombre, de manière à établir avec certitude la moyenne de leur résistance. La résistance des fils par millimètre carré est de 128 kilogrammes.

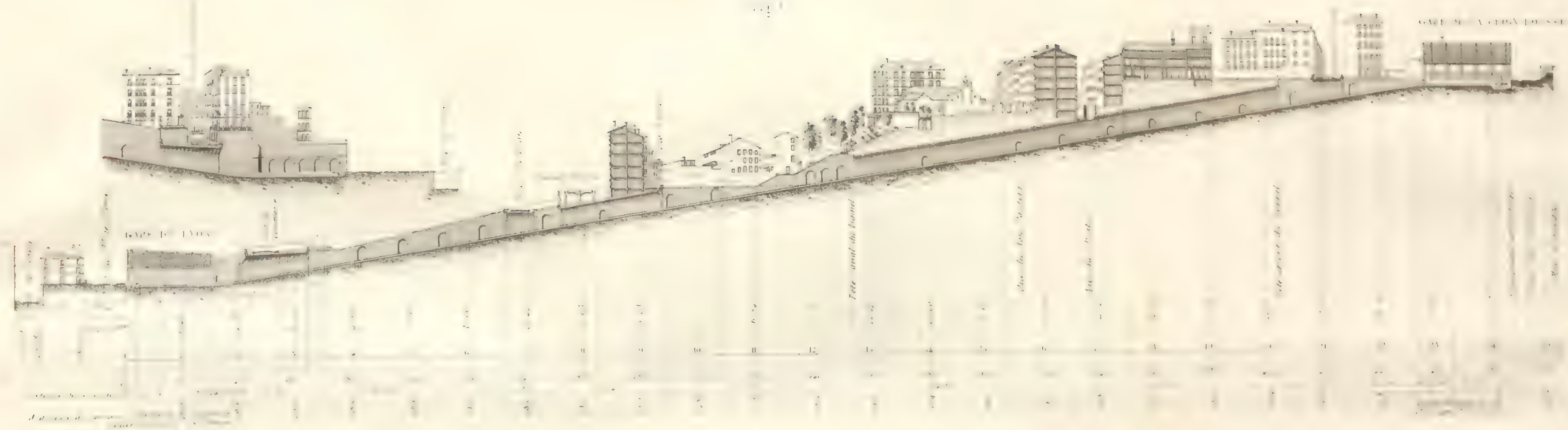
Enfin on procéda aux essais de circulation pendant deux jours consécutifs.

Toutes les exigences du programme ayant été pleinement satisfaites, la commission conclut à la réception du chemin.



PLACE SATHONAY





CHÉMIN DE FER DE LYON A LA CROIX-ROUSSE
 PROFIL EN LONG ET PLAN DU CHEMIN, PAR MM. MOLINOS ET PRONNIER.

LÉGENDE DES PLANCHES 273 ET 274 RELATIVES AU CHEMIN DE FER DE LYON
A LA CROIX-ROUSSE.

Planche 273.

Fig. 1. Profil en long du chemin.

Fig. 2. Plan du chemin.

Fig. 3. Fragment de coupe longitudinale.

Le profil en long montre que le chemin est en tranchée sur toute sa longueur ; l'origine est dans l'alignement de la rue du Jardin-des-Plantes.

On voit en coupe longitudinale : la gare de Lyon ; les ponts du Commerce et de Tholozan ; le tunnel Neyret qui passe sous un jardin, une maison et la rue du même nom ; le grand tunnel ; le pont de Crimée et la gare de la Croix-Rousse ; on voit en même temps, en élévation, les murs de soutènement.

La gare de la Croix-Rousse est coupée suivant l'axe d'une des voies, ce qui permet de montrer, en élévation, l'une des grandes poulies A du câble.

Le fragment de coupe longitudinale (fig. 3) montre le deuxième mur de soutènement de la gare de Lyon, celui opposé au jardin des Plantes, le pont du Commerce en coupe et ses abords.

Le plan donne la disposition des abords du chemin, celle des gares, des bâtiments des chaudières B, des machines motrices C et des poulies de renvoi A du câble.

Les données principales sont celles-ci :

Largeur de la voie (écartement intérieur des rails)	1 ^m ,440
Entre-voie en alignement (écartement des bords extérieurs des rails) . .	2 ,000
Distance du bord extérieur des rails aux pieds-droits des travaux d'art. .	1 ,436
Nombre de voies.	2
Rayon des courbes situées dans les plans horizontal et vertical.	100 ^m ,000
Pente dans les gares par mètre.	0 ,020
Pente entre les gares par mètre.	0 ,1650

Planche 274.

Fig. 1. Élévation et coupe longitudinale partielles d'un châssis avec frein automoteur pour voitures.

Fig. 2. Plan du châssis et des freins.

Fig. 3. Section transversale montrant le frein automoteur au repos.

Fig. 4. Vue de bout du châssis.

Fig. 5. Profil du mécanisme du frein automoteur à une échelle supérieure à celle de la figure 1.

Fig. 6. Section transversale montrant une partie du frein automoteur en action.

A, câble remorqueur.

B, tige de traction inclinée.

C, chape du ressort de traction.

D, coulisseau.

E, bielles reliant le coulisseau à la came F.

F, came articulée avec la croix de Saint-André du châssis.

G, ressort maintenant la came F dans sa position normale.

H, autre came fixée sur l'arbre de support des freins à mâchoires.

I, arbre de support des freins à mâchoires.

J, manivelles fixées sur l'arbre I.

K, bielles de suspension des mâchoires des freins.

L, manivelles folles sur l'arbre fileté des mâchoires.

M, arbres filetés en sens inverse, portant en leur milieu une poulie N et recevant les écrous O.

N, poulies calées sur les arbres M.

O, écrous articulés avec les mâchoires P par leurs extrémités.

P, mâchoires articulées à leur partie supérieure.

Q, manchon reliant les deux arbres M.

R, manivelle calée à l'extrémité de l'arbre I et portant un galet destiné, à l'arrivée dans les quais, à empêcher la rotation de cet arbre et, par conséquent, la chute du frein automoteur.

S, leviers.

T, manivelles calées sur les arbres U.

U, arbres supportant les contre-poids des freins des roues.

V, fourchettes recevant les extrémités des leviers des contre-poids X.

X, contre-poids des freins des roues.

Y, bandes d'acier entourant la jante des roues du châssis.

Z, tige fileté portant à la partie supérieure une manivelle à l'aide de laquelle le garde-frein peut faire mouvoir le frein automoteur.

a, arbre à leviers.

b, bielle.

c, arbre à leviers.

d, bielles articulées avec la came F.

e (voir le plan fig. 2) sont des coins qui maintiennent dans un état de rigidité complet l'écartement de la tête des mâchoires articulées P. Lorsque le frein automoteur a été mis en action par la rupture du câble et qu'il s'agit de le relever après la réparation de l'accident, au moyen de l'enlèvement d'un écrou, on sort les coins; et la tête des mâchoires se trouvant libre, il est alors facile de leur faire lâcher le rail et de raccrocher le frein en mettant de nouveau en prise les comes F et H; on replace ensuite les coins.

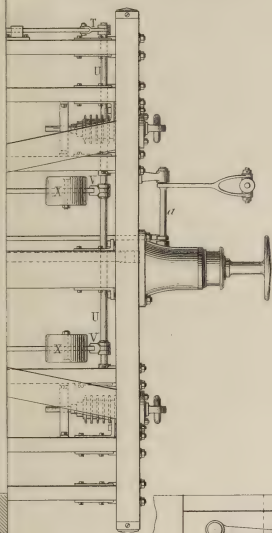
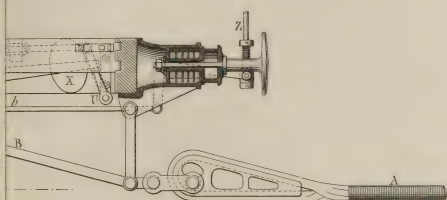
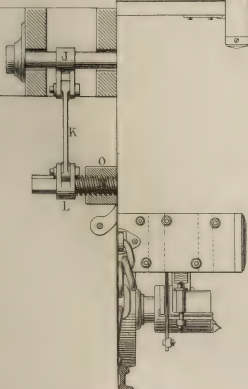
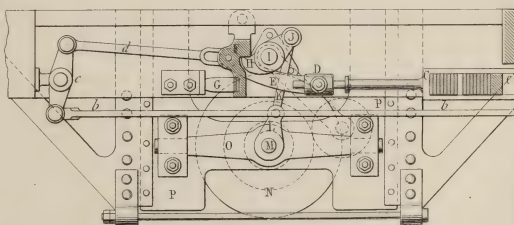


Fig. 5.



NÉCROLOGIE.

PAROLES PRONONCÉES SUR LA TOMBE DE M. A. FAURE PAR M. LE GÉNÉRAL MORIN,
PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS.

Messieurs,

Le collègue dont nous accompagnons à sa dernière demeure terrestre la dépouille mortelle laissera dans la Société des ingénieurs civils un vide difficile à combler. Amant fidèle de la science, passionné pour l'art de l'ingénieur, il possédait une variété de connaissances qui lui permettait de prendre part aux discussions sur presque tous les sujets. Cherchant toujours sincèrement la vérité, s'il était parfois difficile à convaincre, il se rendait entièrement dès que la lumière s'était faite pour lui, et autant il avait été ardent pendant la lutte, autant il était sincère quand elle avait cessé.

Doué d'une grande lucidité d'exposition, il savait parfaitement rendre sa pensée, et il était un des professeurs les plus distingués de cette école centrale dont il s'honorait d'avoir été l'un des premiers élèves.

Après avoir fait ses études au collège de Sainte-Barbe, Faure, né à Clermont (Auvergne) en 1807, entra à l'École centrale et fit partie de la première promotion de cette pépinière d'ingénieurs et d'industriels à laquelle la France doit tant et de si grands travaux.

Il y obtint le diplôme d'ingénieur, objet de la légitime ambition d'une jeunesse studieuse, garantie de capacité et de persévérance dans l'étude, qui devient pour la plupart de ceux qui l'ont conquise par le travail le point de départ d'une carrière honorable, à la fin de laquelle on peut dire avec un juste orgueil que l'on est le fils de ses œuvres.

Après s'être occupé pendant quelque temps des arts métallurgiques et de l'exploitation des mines en particulier, Faure, qui était naturellement appelé vers l'enseignement, fut attaché au cours de construction de machines, alors professé à l'École centrale par M. Valter Saint-Ange, ancien officier d'artillerie. Il s'y consacra entièrement, et on lui doit une rédaction complète de ce cours; mais ce qui vaut mieux et ce qui honore encore plus sa mémoire, c'est le dévouement pieux et le désintéressement absolu avec lesquels il remplaça M. Valter pendant la longue maladie qui priva l'École de ce professeur honorable.

Chargé plus tard des cours de cinématique et de résistance des matériaux, Faure apporta dans cet enseignement le fruit de ses longues et nombreuses études, et le maintint toujours au niveau des progrès de l'art et de la science. Les dépenses, les voyages, les fatigues, alors même qu'il était souffrant, ne l'arrêtaient pas, lorsque quelque occasion d'apprendre se présentait à lui, et l'année dernière nous l'avons vu,

quoique atteint déjà peut-être de l'affection grave qui nous l'a si rapidement enlevé, venir à Londres, à Sheffield, étudier sur place les progrès si remarquables qui ne tendent à rien moins qu'à transformer complètement l'industrie du fer.

L'ardeur que Faure apportait à la recherche de la vérité l'avait peu à peu conduit à examiner les questions si délicates que soulève sans cesse l'application de la législation sur les brevets d'invention. Dans cette étude difficile, où l'intérêt privé est si habile à se couvrir d'arguments captieux, s'il ne fut pas toujours heureux, il sut du moins faire preuve d'une netteté de vues et de logique assez remarquables pour que son action n'ait pas été peut-être sans influence sur les doctrines qui prévalent aujourd'hui devant les tribunaux en pareille matière.

Après avoir été l'un des fondateurs de la Société des ingénieurs civils, notre collègue, qui en fut aussi l'un des présidents, se montra toujours l'un de ses membres les plus assidus et les plus dévoués. Toujours attentif, compétent pour la plupart des questions, sa verve, parfois un peu vive, mais toujours dictée par l'amour de la justice et de la vérité, animait les discussions, et, après des luttes en apparence passionnées, nous retrouvions toujours la bonne et simple nature de cet excellent homme.

Faure était aussi membre du Conseil de la Société d'encouragement, à laquelle il sut prêter avec un égal dévouement le concours de son expérience et de ses lumières.

Il avait été tout récemment l'un des fondateurs de cette Société amicale des anciens élèves de l'École centrale, qui, par les liens d'une véritable fraternité d'origine, tend à réunir en une seule famille les nombreux enfants de cette École.

Toujours prêt lorsqu'il s'agissait d'être utile, Faure avait depuis plusieurs années accepté la présidence du Jury d'examen des candidats qui, dans le département de la Seine, se présentent aux Écoles d'arts et métiers. Mieux qu'un autre il savait apprécier toute l'importance des institutions de ce genre pour les progrès de notre industrie. En relations continuelles avec les ingénieurs, avec les mécaniciens distingués sortis de ces Écoles, il connaissait les services qu'elles ont déjà rendus, et comme nous il appelait de tous ses vœux le moment où nous verrions le gouvernement de l'Empereur étendre sur l'organisation complète de l'enseignement industriel et professionnel sa puissante initiative, pour ouvrir à toutes les intelligences la voie large et féconde du travail, où chacun peut marcher et s'élever sans abaisser personne.

Une vie si laborieuse et si utilement remplie vient de s'éteindre subitement, alors qu'il nous était permis de croire que de longues années seraient encore accordées à l'excellent collègue que nous avons perdu. Mais ne le plaignons pas, il a laissé de son passage sur cette terre une trace utile, il a contribué à l'instruction d'une nombreuse jeunesse, il a su se concilier l'estime et l'affection de tous ceux qui l'ont connu, il a été juste et bon ; Dieu lui sera miséricordieux.

EXPOSITION UNIVERSELLE.

RAPPORT A L'EMPEREUR SUR L'OPPORTUNITÉ D'UNE EXPOSITION UNIVERSELLE
EN 1867.

SIRE,

Après la clôture de l'Exposition de Londres et avant la distribution des récompenses faite, le 25 janvier dernier, par Votre Majesté, les principaux exposants manifestèrent le désir qu'une Exposition universelle fût ouverte à Paris en 1867. Plusieurs d'entre eux se réunirent pour délibérer à ce sujet, et offrirent à la commission impériale d'ouvrir une souscription dans le cas où le Gouvernement admettrait une compagnie à participer aux charges de cette entreprise. Ils présentèrent à l'appui de ce projet des listes d'adhésion, portant les noms de beaucoup de maisons importantes de Paris et des départements.

Ces vœux ont rencontré chez les membres de la commission impériale un accueil sympathique, et son président, S. A. I. M^{gr} le Prince Napoléon, avait même consenti à les transmettre à Votre Majesté. Le départ de Son Altesse l'a empêchée de donner suite à cette affaire. Si je la reprends en son absence, c'est que la commission impériale terminera vraisemblablement ses travaux avant le retour du Prince à Paris.

Avant de les formuler, j'ai cru devoir consulter la commission impériale sur l'utilité d'une Exposition universelle et sur l'époque à laquelle il serait convenable d'en fixer l'ouverture.

La commission, qui s'est réunie le 5 juin, a pensé, d'un avis unanime, que les avantages industriels et moraux des Expositions universelles se manifestent de plus en plus. Les producteurs en ont retiré une grande utilité pratique pour eux-mêmes, pour leurs contre-maîtres et pour leurs ouvriers; ils y ont trouvé le moyen d'améliorer leurs procédés de fabrication et d'étendre le cercle de leurs opérations commerciales. Enfin les savants et les artistes qui composaient le jury international s'accordent, en général, à penser que ces concours stimulent le progrès des sciences et des arts.

En outre, si cette Exposition est faite de manière à attirer un grand nombre de nationaux et d'étrangers, elle sera pour la ville de Paris une source considérable de profits, en même temps qu'elle favorisera l'influence de la nation française et le développement de ses relations de tout genre.

La commission a pensé qu'un sentiment de juste émulation doit, après

l'Exposition de 1862 comme après celle de 1854, porter la France à succéder à l'Angleterre et à tenter pour la seconde fois cette grande entreprise.

Enfin, à côté de ces avantages généraux, il en est d'autres que la réunion des savants et des industriels de tous les pays permet d'obtenir. C'est ainsi que la commission internationale des poids et mesures, instituée en 1855 près l'Exposition universelle, a contribué, par ses travaux, à propager en Europe l'adoption du système métrique. Des questions importantes de science, de commerce et de finances pourraient encore être traitées utilement dans des conférences semblables.

En résumé, en me fondant sur l'avis de la commission impériale et sur l'opinion unanime du commerce et de l'industrie, j'ai l'honneur de proposer à Votre Majesté de décider :

1° Qu'une Exposition ait lieu à Paris en 1867 ;

2° Qu'elle soit plus complètement universelle que les précédentes, et, à cet effet, qu'elle comprenne, autant que possible, les produits industriels de toutes les contrées et les œuvres d'art, et en général de toutes les branches de l'activité humaine ;

3° Que l'avis de cette Exposition soit immédiatement publié, afin que tous les producteurs, y compris ceux des nations les plus éloignées, aient le temps de s'y préparer.

Je dois ajouter, en terminant, qu'une exposition des beaux-arts devra avoir lieu en même temps que l'exposition agricole et industrielle. M. le ministre d'État, auquel appartient de prendre les mesures à cet égard, doit incessamment soumettre à Votre Majesté le décret spécial qui doit autoriser cette exposition.

Je suis, avec le plus profond respect, sire,

De Votre Majesté

Le très-humble et très-obéissant serviteur et fidèle sujet,

Le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics,

É. ROUHER.

DÉCRET RELATIF A L'EXPOSITION.

NAPOLEON,

Par la grâce de Dieu et la volonté nationale, empereur des Français,

A tous présents et à venir, salut :

Sur le rapport de notre ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics,

Avons décrété et décrétons ce qui suit :

Art. 1^{er}. Une Exposition universelle des produits agricoles et industriels s'ouvrira à Paris, dans le palais de l'industrie, au carré de Marigny, le 1^{er} mai 1867, et sera close le 30 septembre suivant.

Les produits de toutes les nations seront admis à cette Exposition.

Art. 2. Un décret ultérieur déterminera les conditions dans lesquelles se fera l'Exposition universelle, le régime sous lequel seront placées les marchandises exposées, et les divers genres de produits susceptibles d'être admis.

Art. 3. Notre ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait au palais de Fontainebleau, le 22 juin 1863.

NAPOLÉON.

Par l'empereur :

Le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics,

E. ROUHER.

NOTICES INDUSTRIELLES

EXTRAITES DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Composition des résidus provenant de la fabrication du gaz d'éclairage, par M. le docteur T. L. Phipson. — On estime qu'une tonne de houille de Newcastle dégage, pendant la distillation, autant de cyanogène qu'on en trouve dans une quantité de 5 à 8 livres ($2^k,26$ à $3^k,62$) de bleu de Prusse. Comme il se produit en même temps de l'hydrogène sulfuré en plus ou moins grande quantité, suivant la nature du charbon, il est naturel qu'il se forme des sulfocyanures.

Ayant eu récemment, dit M. Phipson, l'occasion d'examiner des résidus d'une usine à gaz recueillis dans les épurateurs après l'absorption de l'hydrogène sulfuré et de l'acide carbonique par la chaux et par l'oxyde de chaux hydraté, j'ai trouvé dans ces résidus certains sulfocyanures et j'ai pensé que peut-être il pourrait y avoir là une source de production de sulfocyanure d'ammonium, dont la photographie pourrait tirer parti. Malheureusement les matières que j'ai eues jusqu'ici à ma disposition provenaient d'épurateurs où elles avaient servi jusqu'à ce qu'elles aient absorbé la plus grande quantité possible de soufre, en sorte qu'elles ne m'ont pas décelé autant de sulfocyanure qu'il serait permis d'en espérer si elles servaient moins longtemps. Il est assez curieux de remarquer que ces matières, qui sont offertes aux fabricants d'acide sulfurique en raison de la grande quantité de soufre qu'elles renferment, ont été également recommandées aux fabricants d'engrais artificiels et aux agriculteurs comme une source économique d'azote. Or il est facile de se convaincre, par l'analyse, que leur emploi en agriculture non-seulement est inutile, mais encore peut devenir extrêmement nuisible dans certaines terres. Outre les composés de cyanogène que j'y ai

trouvés et qui sont loin d'être favorables à la végétation, la présence d'une certaine proportion de substances goudronneuses ne peut guère la favoriser davantage en raison de leur nature essentiellement antiseptique, qui s'oppose à toute tendance de décomposition des matières organiques nécessaire à la fécondation du sol; enfin on y rencontre souvent aussi une grande quantité de soufre à l'état libre.

Lorsque ces résidus d'épurateurs ont été pendant quelque temps exposés à l'action de l'air, ils renferment les éléments suivants : du soufre libre en forte proportion, de l'oxyde de fer, du carbonate de chaux, quelques hydrocarbures solubles dans l'alcool, du cyanure double de fer (vert), du ferrocyanure de fer (bleu), du sulfocyanure de calcium, du sulfocyanure d'ammonium, du chlorure d'ammonium, du sulfate de chaux, de l'acide ferrocyanhydrique (auquel le corps composé doit ses propriétés acides) et enfin de l'eau. Quelques-unes de ces substances n'existent là qu'en très-petites proportions, mais il n'est pas difficile de les mettre en évidence chacune séparément. Une analyse sommaire m'a fourni les résultats suivants :

Eau.	14,00
Soufre.	60,00
Matières organiques insolubles dans l'alcool.	3,00
Matières organiques solubles dans l'alcool : sulfocyanure de calcium, chlorure d'ammonium, hydrocarbures, etc.	1,50
Argile et sable.	8,00
Carbonate de chaux, oxyde de fer, etc.	13,50
	100,00

A l'aide de l'eau chaude, on isole les sulfocyanures de calcium et d'ammonium, le sulfate de chaux et l'acide ferrocyanhydrique. La liqueur prend une couleur rouge au contact des sels concentrés de fer. L'acide chlorhydrique dissout une grande quantité de la matière, et la solution obtenue est d'un rouge sang foncé presque opaque, dû à la formation du sulfocyanure de fer. Avec l'alcool on obtient principalement les sulfocyanures de calcium et d'ammonium, le chlorure d'ammonium, une petite quantité d'hydrocarbures et l'acide ferrocyanhydrique. En évaporant la solution aqueuse jusqu'à siccité, après y avoir ajouté assez de carbonate de potasse pour neutraliser l'acidité et en reprenant le résidu par l'alcool, l'acide ferrocyanhydrique est isolé à l'état de ferrocyanure de potassium, et la liqueur alcoolique ne contient plus que du chlorure d'ammonium et des sulfocyanures de calcium et d'ammonium. En faisant évaporer de nouveau jusqu'à siccité en présence d'un excès de carbonate de potasse, puis en reprenant par l'alcool, on isole principalement le sulfocyanure de potassium, et en employant du carbonate d'ammoniaque au lieu de carbonate de potasse, la liqueur alcoolique ne contient plus que du sulfocyanure et du chlorure d'ammonium, qu'on pourrait utiliser au fixage des épreuves photographiques.

Le composé vert qui se forme lorsque les résidus des épurateurs à gaz sont exposés à l'air, n'est autre que le cyanure double de fer $\text{Fe Cy} + \text{Fe}^2 \text{Cy}^3$, découvert par M. Pelouze et dont la composition correspond à celle de l'oxyde magnétique; en prolongeant l'exposition à l'air, la couleur verte passe au bleu. Les acides froids n'ont

aucune action sur ce composé, mais il est attaqué par l'acide nitrique chaud. (*The Artizan.*)

Brunissage du fer et de l'acier. — Voici un procédé qu'on emploie avec succès en Prusse et qui, tout en donnant au métal un aspect plus agréable, a, en outre, l'avantage de le préserver des atteintes de la rouille. On fait dissoudre dans quatre ou cinq parties d'eau (le moins possible) deux parties de chlorure de fer cristallisé, autant de beurre d'antimoine (chlorure d'antimoine) et une partie d'acide gallique; on humecte un morceau d'étoffe ou une éponge de ce mélange et on frotte l'objet à brunir; on le laisse ensuite sécher à l'air et on recommence à passer l'éponge plusieurs fois; après quoi on lave à l'eau, on sèche et on frotte avec de l'huile de lin bouillie. Le métal prend ainsi une teinte très-agréable, qu'on rend plus ou moins foncée, suivant le nombre de fois qu'on a répété l'opération. Pour bien réussir, il est essentiel que le beurre d'antimoine dont on se sert contienne le moins possible d'acide hydrochlorique libre. (*Ibid.*)

Sur le mode d'exploitation de la houille en Chine. — On sait que la houille existe sur plusieurs points du Céleste Empire. Au voisinage de Pékin, elle se montre quelque peu anthraciteuse, et les couches qu'elle forme sont recouvertes par un calcaire compacte; en revanche, on en trouve de meilleure près du port récemment ouvert de Neu-Chwang (golfe de Peicheli), et sa nature moins sèche en fait un excellent combustible pour les machines à vapeur. La province de Sy-Tchuen ainsi que la région supérieure de celle de Yang-Tsye renferment des gisements importants dans lesquels le combustible de qualités diverses repose tantôt sur une espèce de grès micacé et tantôt alterne avec lui. Enfin les affleurements sont nombreux sur une grande étendue de pays; ils courent en général du sud au nord et annoncent de grandes richesses encore à l'état vierge. Quant au mode d'exploitation, il est assez primitif, si l'on en croit le récit fait par le *North China Herald*.

Ce journal raconte que, dans le district de Pékin, on extrait le charbon par des puits ouverts au milieu d'une chaîne de collines peu élevées. La forme de ces puits est une hélice dont le pas fait un angle d'environ 5° avec l'horizon, et le combustible est remonté lentement au jour par des enfants qui le chargent dans de petits traîneaux, auxquels ils s'attellent en se passant des courroies sur les épaules et entre les jambes. La houille est exploitée par des galeries dont le toit est soutenu par des piliers en bois et qui sont ventilées plus ou moins bien au moyen de portes placées de distance en distance. Les explosions ne sont pas rares, et les inondations non plus; mais dans ce dernier cas l'exploitation est abandonnée, et, comme on ne connaît pas les galeries de niveau, on se transporte plus loin pour creuser un autre puits. Le district de Pékin est, du reste, le seul où les travaux aient quelques développements; partout ailleurs on se contente d'effleurer les couches, et dans la plupart des cas cette simple opération ne donne que du combustible de qualité inférieure. (*The practical Mechanic's Journal.*)

Nouveau mode de ventilation des frégates cuirassées, par M. Fanshawe. — Le capitaine Fanshawe a imaginé un mode de ventilation dont il vient de faire l'application à la frégate *Royal-Oak* et qui promet d'excellents résultats. Ainsi les mâts en fer de ce navire sont tout creux, et on les utilise comme des cheminées à air pour déterminer un appel énergique. Des registres convenablement placés à différents étages sur chacun d'eux, et qu'on ouvre à volonté, assurent la ventilation de tous les ponts; en outre, les cabines, soutes aux provisions, etc., au lieu d'être plafonnées comme dans les autres bâtiments, sont simplement recouvertes par des grillages qui les mettent en communication directe avec les ouvertures des registres et leur permettent d'évacuer rapidement le mauvais air. Le point essentiel de ce nouveau système consiste dans la facilité avec laquelle la ventilation doit se faire d'une manière constante dans toutes les parties du navire, dont les mâts jouent le rôle que remplissent dans les mines les cheminées d'aérage. (*Journal of the Franklin Institute.*)

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION.

PROCÈS-VERBAUX.

Séance du 3 juin 1863.

M. A. Chevallier, membre du comité des arts chimiques, occupe le fauteuil.

CORRESPONDANCE. — M. J. Coignard, horloger à Nantes, envoie un spécimen de navette à tension intérieure, applicable à toutes les machines à coudre. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. Heitz (*François-Antoine*), ingénieur-mécanicien, à Thann (Haut-Rhin), présente un système de navigation aérienne. (Renvoi au même comité.)

M. Lamiral, à Paris, faisant une comparaison des méthodes et moyens usités pour séjourner et travailler sous l'eau, décrit le procédé qu'il emploie à l'aide d'un bâtiment sous-marin qui a déjà fonctionné à Cherbourg, et fait connaître les perfectionnements qu'il a projetés pour permettre de travailler même hors du bâtiment. (Renvoi à une commission spéciale.)

M. Lefebvre jeune, entrepreneur de peinture, à Paris, rappelant la médaille d'argent qu'il a reçue tant en son nom qu'en celui de M. Dorange, dans la séance générale du 23 avril 1862, pour ses procédés de peinture sans essence, fait connaître qu'il vient d'en faire l'application à l'hôtel de ville de Joigny, en y apportant des modifications qui ne peuvent qu'en généraliser l'emploi. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

M. Dumas-Fremy, fabricant de papiers et toiles à polir, membre de la Société, à Yvry-sur-Seine, demande à la Société de vouloir bien examiner les perfectionnements qu'il a apportés à sa fabrication. (Renvoi au même comité réuni à celui des arts économiques.)

M. *Lacan*, médecin retraité, à Calvi (Corse), adresse une notice sur l'essai de culture du cotonnier qu'il a fait en Corse en 1862, et y joint trois capsules provenant de cette culture, en citant l'opinion de M. *Kœchlin*, manufacturier, à Mulhouse, qui est d'avis que le coton peut aussi bien réussir en Corse qu'en Algérie. (Renvoi au comité d'agriculture.)

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du comité des arts économiques, M. *Priestley* lit un rapport sur les *Récréations instructives*, recueil publié sous la direction de M. *Jules Delbruck*. (Insertion au *Bulletin*.)

Au nom du même comité, M. le baron *E. de Silvestre* donne lecture d'un rapport sur un nouvel anneau astronomique ou cercle zénithal présenté par M. *Henri Robert* fils. (Insertion au *Bulletin* avec dessin.)

Au nom du comité des arts mécaniques, M. *Tresca* lit un rapport sur le système de pompe présenté par M. *Métivier*. (Insertion au *Bulletin*, avec dessin.)

Au nom du même comité, M. *Benoît* lit un rapport sur un instrument destiné à tracer des lignes parallèles équidistantes, présenté par M. *Anatole Fichet*, ancien élève de l'École Centrale. (Insertion au *Bulletin*, avec dessin.)

COMMUNICATIONS.—M. *Victor de Luynes*, membre du comité des arts économiques, présente à la Société, de la part de M. *Poitevin* (Alphonse), des spécimens d'impression photographique en couleurs diverses au charbon et des émaux photographiques obtenus par le procédé au perchlorure de fer et à l'acide tartrique. Voici les explications qu'il donne à cet égard :

En 1855, M. *Poitevin* a, le premier, publié deux procédés relatifs à l'impression photographique obtenue directement sur papier, soit à l'encre grasse, soit aux poudres de charbon ou d'autres couleurs mélangées avec une matière organique gommeuse, additionnée de bichromate de potasse. Dans le premier cas, les corps sont retenus seulement par les parties insolées de la surface bichromatée ; dans le second, la matière organique, gomme, gélatine, etc., bichromatée, devenant insoluble dans l'eau sous l'action de la lumière qui agit à travers un cliché négatif, retient emprisonnée, après des lavages à l'eau froide ou chaude, la matière colorante, et cela proportionnellement à la quantité de lumière qui a traversé chaque partie du cliché. Ces procédés ont pris, depuis cette époque, un très-grand développement, et ils sont appliqués maintenant sous divers noms, *litho-photographie*, *photo-zincographie*, *impression à l'encre grasse*, *impression au charbon*, etc.

M. *Poitevin* a découvert, en 1860, une nouvelle méthode d'impression photographique au charbon ou toute autre couleur inerte ; elle est basée sur une action de la lumière, ignorée jusqu'alors ; c'est un mélange, en proportions définies, de perchlorure de fer et d'acide tartrique (2 équivalents du premier et 1 équivalent du second) donnant un composé amorphe et de nature gommeuse, lequel, appliqué en couche régulière, sur une glace par exemple, reste sec et non déliquescent tant qu'on le conserve dans l'obscurité, mais qui, en se décomposant sous l'influence de la lumière, devient hygroscopique. C'est cette propriété que M. *Poitevin* a utilisée pour en faire un nouveau procédé d'impression photographique en couleurs quelconques, charbon, etc.

(Renvoi au comité des arts chimiques réuni à la commission des beaux-arts appliqués à l'industrie.)

M. *Levacher-Surclé* donne quelques explications sur son système de chemin de fer populaire. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. le Président annonce à la Société que, sur sa recommandation appuyant une pétition signée par les représentants les plus importants de l'industrie des cuirs et peaux, M. *Husson*, directeur de l'Administration de l'assistance publique, a bien voulu admettre un ancien lauréat de la Société dans la maison hospitalière qui a déjà recueilli l'ancien graveur de la Société; il annonce, en outre, que M. *Fauler*, membre de la Chambre de commerce et ancien président de la classe pour la tannerie à l'Exposition internationale de 1862, s'occupe, en ce moment, de recueillir, avec l'aide de ses anciens confrères, un petit capital destiné à servir une rente à cet ancien teneur et, après lui, à celui qui saura s'en rendre digne, mais appartenant toujours à l'industrie des peaux.

Le Conseil se forme en comité secret.

Séance du 17 juin 1863.

M. *A. Chevallier*, membre du comité des arts chimiques, occupe le fauteuil.

Après la lecture du procès-verbal de la séance précédente, M. *Tresca*, membre du Conseil, demandant la parole, annonce à la Société la perte imprévue qu'elle vient de faire de l'un des membres du comité des arts mécaniques, M. *Auguste Faure*.

En présence de l'émotion générale que produit cette triste nouvelle, et sur la proposition de M. *Tresca*, le Conseil décide que la séance sera immédiatement levée (1).

Le Conseil se forme ensuite en comité secret.

(1) Voir plus haut, p. 375, les paroles prononcées, le 18 juin, par M. le général Morin sur la tombe de M. Faure.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

AGRICULTURE.

RAPPORT *fait par M. MOLL, au nom du comité d'agriculture, sur des* BOITES
A LAIT *présentées par M. BOULANGER, ferblantier, rue du Faubourg-Saint-*
Denis, 142, à Paris.

La Société a chargé le Comité d'agriculture d'essayer des *boîtes à lait* présentées par M. Boulanger, ferblantier, rue du Faubourg-Saint-Denis, n° 142.

Ces boîtes ont été employées chez moi pendant un certain temps, et je viens rendre compte à la Société de l'appréciation que j'en ai pu faire.

Ces boîtes ne diffèrent pas des boîtes ordinaires quant à la matière, à la forme générale et aux dimensions. Ce qui les distingue, c'est la fermeture.

Pour comprendre l'importance de cette partie, il faut se rappeler que le lait qui se consomme à Paris y vient de distances plus ou moins grandes, et par conséquent passe dans diverses mains pour arriver de la ferme au détaillant. Inutile d'ajouter qu'il est d'un grand intérêt, pour le consommateur comme pour le producteur, que pendant le trajet il ne soit rien enlevé, rien ajouté au contenu de la boîte.

La fermeture ordinaire est un bouchon en tôle étamée, ayant la forme d'une

écuelle et entrant dans le goulot de la boîte. L'essentiel est d'empêcher que ce bouchon ne puisse être enlevé pendant le trajet.

On avait essayé d'un cadenas fixé avec une petite chaînette ; mais ce moyen est cher et peu commode.

M. Boulanger a eu recours à la cire et au cachet. Il cache sa boîte comme on cache une lettre. Le tout était de placer le cachet de façon qu'il ne fût pas compromis dans les mouvements et les secousses qu'éprouvent souvent les boîtes dans le transport. M. Boulanger a pour cela trois dispositions différentes ; je ne vous parlerai que de la dernière, qui est incontestablement la meilleure.

Sur la petite plaque de fer qui traverse le bouchon et qui sert à fixer la chaînette retenant celui-ci attaché à la boîte, se trouve soudé, obliquement à l'axe de cette plaque, un petit rebord en fer-blanc renfermant sur trois côtés un espace de 0^m,04 de longueur sur 0^m,025 de largeur, au centre duquel est un bouton plat, tournant. C'est la chambre au cachet, qui s'y trouve parfaitement garanti contre les chocs et frottements. Pour atteindre le but, empêcher qu'on ne puisse enlever le bouchon sans détruire le cachet, on comprend qu'il suffit de placer dans la chambre et de recouvrir par une partie du cachet une pièce qui tienne à la boîte. Mais, pour qu'un simple choc n'enlevât pas cette pièce, il fallait la fixer d'une manière invariable et indépendante du cachet. C'est ce que M. Boulanger a obtenu par la disposition suivante : à l'opposé de la chaînette qui tient le bouchon attaché à la boîte, se trouve une autre petite chaîne terminée par une languette en tôle, ayant la forme et un peu moins que les dimensions de la chambre au cachet de manière à pouvoir y entrer facilement. Elle porte, en outre, une encoche longitudinale, dans laquelle entre le bouton plat lorsqu'il se trouve dans l'axe de la chambre. Une fois la languette placée, il suffit de faire faire au bouton un quart de révolution, pour la fixer d'une manière invariable. Cette languette est un peu moins longue que la chambre. L'espace libre sert à mettre le cachet dont une moitié sur la languette, l'autre sur le fond de la chambre. Pour ouvrir la boîte, il faut nécessairement tourner le bouton et enlever sa languette, par conséquent détruire le cachet. Tout cela est de la mécanique bien primitive, bien grossière, mais c'est un peu ce qu'il faut en agriculture.

Nous avons fait faire à M. Boulanger, pour la vente au détail, des boîtes établies sur le même système, mais avec une addition : c'est celle d'un robinet placé dans le bas. Avec cette double disposition, la personne chargée de porter le lait peut, à volonté, faire écouler le contenu, mais ne peut rien

introduire dans la boîte. La personne reçoit en compte une quantité donnée de lait et doit rapporter une somme correspondante d'argent. Nous pensons pouvoir un jour appliquer ce système au tonneau.

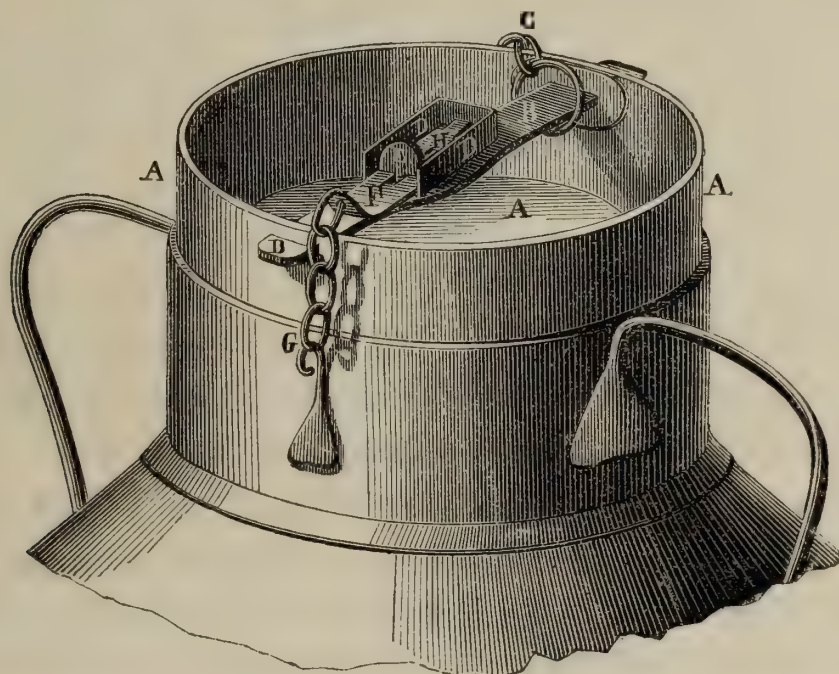
Nous avons l'honneur, Messieurs, de vous proposer de remercier M. Boulanger et d'insérer le présent rapport, avec une figure de l'appareil, dans le *Bulletin*.

Signé MOLL, rapporteur.

Approuvé en séance, le 11 février 1863.

LÉGENDE RELATIVE AU SYSTÈME DE BOÎTE À LAIT DE M. BOULANGER.

La figure ci-dessous est une vue perspective partielle d'une boîte à lait munie du système de fermeture appliqué par M. Boulanger.



A, couvercle ou bouchon en forme d'écuelle, pénétrant dans le col de la boîte à lait.

B, plaque diamétrale fixe du bouchon.

C, chaînette d'attache du couvercle à la boîte.

D, chambre au cachet dont les trois parois, formant un rectangle ouvert, sont soudées sur la plaque B dans une direction oblique à son axe.

E, bouton plat tournant, fixé à la plaque B à l'entrée de la chambre au cachet.

F, languette en tôle attachée à la boîte par une chaînette et entrant dans la chambre au cachet, par le moyen d'une fente qui permet au bouton E de passer au travers.

G, chaînette fixée d'une part à la boîte et de l'autre à l'extrémité postérieure recourbée de la languette.

H, partie antérieure de la languette s'avancant jusqu'au fond de la chambre au cachet et sur laquelle se pose la cire.

(M.)

ARTS CHIMIQUES.

RAPPORT *fait par M. GAULTIER DE CLAUBRY, au nom du comité des arts chimiques, sur un SYSTÈME DE TRANSFORMATION DES COMBUSTIBLES EN GAZ POUR LE CHAUFFAGE DES FOURS ET APPAREILS INDUSTRIELS, de MM. PRUNIER, MIGNOT et GUITTA, de Lyon.*

Deux moyens, l'un généralement employé, l'autre partiellement appliqué déjà dans diverses circonstances, la combustion directe du bois, du charbon qui en provient, de la houille, des divers combustibles fossiles et du coke, ou celle des produits gazeux obtenus par la distillation ou par la transformation de quelques-uns d'entre eux en produits gazeux combustibles, sont appliqués aux opérations industrielles qui exigent de hautes températures.

Lorsqu'il s'agit de localiser la chaleur, le coke et le charbon de bois sont particulièrement utiles; mais, quand c'est au moyen d'une flamme plus ou moins longue que les effets à obtenir doivent être déterminés, il faut de toute nécessité faire usage de combustibles dégageant par eux-mêmes ou fournissant, par une combustion plus ou moins complète, une grande quantité de produits volatils et susceptibles d'être dirigés sur les points où doit être développée la température nécessaire.

De très-utiles applications de ce dernier mode ont déjà eu lieu sur une grande échelle, et l'on a pu tirer ainsi un parti très-avantageux du gaz provenant des hauts fourneaux, et de la transformation en gaz oxyde de carbone de combustibles impropres à aucun usage industriel important, tels que le poussier de charbon, par exemple. M. Laurens a pris, il y a d'assez longues années, pour ces procédés, des brevets qui ont fourni des résultats importants et d'une très-grande utilité.

Dans le but de généraliser l'application de ces derniers moyens, MM. Prunier, Mignot et Guitta ont étudié les moyens propres à rendre l'action de ces gaz plus régulière; après des essais continués dans des circonstances variées, ils se sont arrêtés à une disposition qui réalise des avantages particuliers et pour laquelle ils ont pris un brevet d'invention. C'est sur les résultats obtenus par ces industriels que M. Thevenin a attiré l'attention de notre honorable Président.

Lorsque le charbon brûle dans un excès d'oxygène ou d'air, il fournit uniquement du gaz carbonique; mais, si ce gaz se trouve en contact avec un excès de charbon à une haute température, il se transforme en oxyde de car-

bonne susceptible de fournir par sa combustion une température très-élevée, et, comme la flamme qu'il produit peut être dirigée à distance et qu'elle ne donne pas naissance à des produits fuligineux, on peut, par son moyen, déterminer des effets que l'emploi des combustibles à longue flamme, tels que les houilles, par exemple, serait impropre à réaliser.

Ainsi, tandis que toute flamme, pourvu qu'elle ait une intensité suffisante, peut servir au chauffage d'un four de verrerie, parce que le produit fabriqué n'éprouve aucune action nuisible de la présence des produits fuligineux qui l'accompagnent, dans un four à cristal, l'oxyde de plomb se trouvant plus ou moins réduit par les substances charbonneuses, force est de préserver de leur action, par la forme des pots, le produit de tout contact avec eux.

Jusqu'ici on dirigeait directement, dans les espaces qu'il s'agissait de chauffer, les gaz provenant de l'action de l'air sur un excès de combustible, qui peuvent renfermer encore une assez grande proportion de gaz carbonique absolument impropre à produire une élévation de température; MM. Prunier, Mignot et Guitta ont eu l'heureuse pensée de compléter leur transformation en oxyde de carbone, en les forçant à passer à plusieurs reprises sur le charbon à une haute température.

Dans ce but, deux gazomètres fixés aux extrémités d'un même balancier jouent alternativement le rôle de ventilateurs aspirant et foulant, en condensant le produit dans un régulateur au moyen duquel on le dirige dans le four où il doit agir comme combustible.

La seule chose à faire est de régler la marche de l'appareil de manière que le feu soit constamment maintenu à la température voulue; c'est ce à quoi on parvient en étudiant avec soin la marche des opérations qu'il s'agit d'exécuter, de même que le chauffeur alimente sa grille ou la dégage des escarbilles qui l'encombrent, suivant la nature des combustibles et les effets à obtenir dans son emploi. Des valves, mises en mouvement par le moyen du mécanisme même employé pour faire agir les ventilateurs, donnent issue au gaz qui doit être injecté dans les fourneaux.

Abstractivement, ce principe est de nature à fournir de bons résultats, mais l'expérience seule pouvait permettre de le juger.

C'est à la fabrication du verre et du cristal que les inventeurs ont d'abord appliqué leurs procédés.

Dans un premier four de forme circulaire pour verre, renfermant quatre pots découverts, de 0^m,60 sur 0^m,60, le gaz combustible et l'air destiné à la combustion étaient dirigés à la circonférence et chauffaient tout le système.

Dans un deuxième four pour verre et pour cristal, également circulaire, de

1^m,50 de diamètre intérieur, les pots ont été remplacés par deux cavités au sein desquelles a été opérée la fusion des mélanges. Les gaz combustibles y parvenaient par la partie inférieure au moyen d'un conduit qui les amenait entre les deux cavités, l'air arrivant par des conduits traversant la voûte et s'échauffant au moyen de la chaleur perdue du four, également utilisée pour former la vapeur nécessaire à l'introduction de l'air dans le générateur du gaz et dans le four.

Celui-ci était construit avec un mélange de sable de Voreppe et de terre de Bohême.

Le générateur de gaz qui alimentait les fours a consommé en vingt-quatre heures 8 hectolitres de houille, servant pour la marche d'un four propre à la fusion d'une même quantité de verre ou de cristal, et consommant habituellement environ 16 hectolitres.

La fusion a été obtenue en quatre heures.

Les scories s'enlèvent du générateur avec une grande facilité et les produits gazeux sont toujours également combustibles.

La suppression de la grille réalise des avantages considérables, économie de combustibles, marche régulière du four, combustion complète qui permet à pots ouverts de fabriquer du cristal sans avoir à craindre son noircissement par la réduction partielle du plomb : des tubes portés jusqu'à dix fois dans la flamme ont conservé tout leur éclat.

Les mélanges employés dans les opérations ont été les suivants :

Verre.

Sable.	50
Sulfate de soude.	15
Chaux.	15
Débris ou groasin.	20

Cristal.

Sable.	40
Minium.	15
Potasse.	10
Nitre.	4
Débris.	24

Lors du voyage du rapporteur délégué par le Comité pour suivre des opérations dans diverses localités du Midi, le four construit par MM. Mignot, Guitta et Prunier venait d'être démoli, par suite du transport de l'établis-

ment sur un autre point ; mais les renseignements qu'il a pu se procurer l'ont mis à même de s'assurer de l'exactitude des données fournies par ces industriels, et dont il s'agit maintenant de tirer les conséquences pratiques.

Nul doute que la substitution des combustibles gazeux à la flamme obtenue par la combustion directe sur des grilles ne soit appelée à réaliser des avantages importants quant à l'économie qui peut résulter de l'emploi de produits impropres par eux-mêmes à servir à des opérations exigeant de hautes températures, et à fournir des effets réguliers qu'on n'obtient qu'à grand-peine, même avec de très-bons combustibles et des ouvriers très-exercés.

Mais les modes employés jusqu'ici pour profiter de cette utile application ne satisfaisaient pas complètement à toutes les conditions désirables, le passage sur le combustible du gaz carbonique produit étant insuffisant pour sa transformation complète en oxyde de carbone.

C'a donc été un pas très-important, fait dans cette direction, que d'avoir, par le passage alternatif des produits gazeux sur le combustible, obtenu facilement cette transformation, et, comme l'application peut en être faite à un grand nombre d'opérations industrielles, le Comité ne met pas en doute que la connaissance des résultats qu'il vient de signaler ne devienne utile.

Le comité a, en conséquence, l'honneur de vous proposer, Messieurs,

De remercier MM. Prunier, Mignot et Guitta de leur communication et d'ordonner l'insertion du rapport au *Bulletin* (1).

Signé GAULTIER DE CLAUDRY, rapporteur.

Approuvé en séance, le 18 juin 1862.

ARTS ÉCONOMIQUES.

RAPPORT fait par M. Henri PELIGOT, au nom du comité des arts économiques, sur les APPAREILS DE CHAUFFAGE présentés par MM. MOUSSERON et COMP., rue Folie-Méricourt, 30, à Paris.

Messieurs, vous avez renvoyé à votre comité des arts économiques l'examen des appareils de chauffage de M. Mousseron.

Le système adopté par l'inventeur comprend deux éléments distincts : le foyer et le tuyau d'émission de fumée.

(1) A l'occasion de cet appareil, l'un des secrétaires, M. Peligot a fait remarquer que, dans les essais de ce genre, la quantité de cendres très-légères entraînées par le courant d'air a beaucoup nui à la qualité des produits obtenus.

Le foyer a la forme d'une cloche. Il est en fonte et à double enveloppe à la partie postérieure. Un trou, venu de fonte, met les deux enveloppes en communication à peu près au niveau de la grille; deux autres trous latéraux sont ménagés en haut de la double enveloppe et la font communiquer avec le tube d'émission des gaz, qui communique en outre, par un orifice spécial, avec la partie supérieure de la cloche.

Quant au tuyau, il est généralement construit en poterie Gourlier et sert à l'émission des gaz de plusieurs cheminées construites les unes au-dessus des autres.

L'inventeur a principalement cherché, dans la conception de ses appareils, à proportionner le volume du foyer avec le cube d'air de la pièce à chauffer, de manière à utiliser autant que possible la chaleur produite par la combustion. Il a, en grande partie, atteint le but qu'il s'était proposé.

Lorsqu'on allume le combustible, la chaleur qui se développe d'abord au bas du foyer force les gaz à s'échapper par le trou ménagé au niveau de la grille; il se produit donc un tirage énergique, et en outre les gaz traversant le combustible en ignition sont en très-grande partie brûlés. L'appel se fait de la même manière pendant presque tout le temps de l'allumage, et la petite quantité de fumée qui s'échappe par le haut, rencontrant, à son entrée dans l'orifice de sortie, la flamme produite par les gaz brûlés à la partie inférieure, est elle-même brûlée en notable proportion. Puis, lorsque l'allumage est complet, le haut de la cloche se trouvant échauffé, les gaz s'échappent par la partie supérieure et vont directement à la cheminée.

On peut donc caractériser le foyer Mousseron, en disant que c'est un foyer à flamme renversée pendant la période de l'allumage et un foyer ordinaire une fois cette opération terminée.

Nous ajouterons, pour compléter la description qui précède, que, le foyer ne prenant jamais tout l'espace réservé par la construction à l'appareil de chauffage, on a pu ménager derrière la cloche, au-dessus et sur les côtés, une chambre de chaleur qui, mise en communication avec l'appartement par des orifices d'entrée et de sortie, y verse de l'air chaud et permet de régler à volonté, au moyen de bouches, la température de la pièce.

En diminuant considérablement la section utile de l'appareil de chauffage dans chaque pièce, ainsi que la largeur du foyer, et en utilisant la chaleur développée au chauffage de l'air par contact, M. Mousseron a obtenu un triple résultat : une économie notable de combustible, un chauffage plus facile à obtenir immédiatement et à régler aussi parfaitement que possible; enfin une absence, pour ainsi dire, absolue de fumée et même de toute crainte d'avoir de la fumée dans la pièce.

Les deux premiers avantages sont évidents ; c'est donc sur l'obtention du troisième qu'ont principalement porté les expériences de votre comité.

Dans trois maisons, nous avons vu fonctionner les foyers Mousseron, et dans chacune d'elles le système était appliqué du haut en bas. A quelque moment que l'on ait fait l'allumage, dans quelque condition qu'aient été les autres foyers du même appartement ou de la même maison, que les portes aient été ouvertes ou fermées, aucune trace de fumée ne s'est déclarée dans la pièce à chauffer, et cependant, dans l'une des constructions que nous avons visitées, l'inventeur nous a déclaré n'avoir pu ménager de prise d'air et avoir été forcé de charger ses tuyaux de cheminée d'un plus grand nombre de foyers que leurs sections ne le permettaient rationnellement.

Le *tuyau unitaire*, sur lequel se branchent plusieurs foyers, n'est pas la moins intéressante partie de l'invention de M. Mousseron. Pour être certain de son bon fonctionnement, il suffit de le faire d'une section au moins égale à la somme des sections des orifices de sortie des divers foyers qui doivent déboucher dans le tuyau. Il présente le grand avantage d'économiser la plus grande partie de l'espace pris aujourd'hui par les souches de cheminée, et cet avantage est d'une grande importance eu égard au prix actuel des terrains dans Paris.

L'ensemble du système rend, en outre, les ramonages beaucoup moins fréquents, par suite du peu de fumée qui se produit et de l'absence de repos dans lesquels la suie s'agglomère ; il diminue donc les chances d'incendie.

L'industrie créée par M. Mousseron n'est pas aujourd'hui à son enfance ; elle vous arrive après avoir fait ses preuves et lorsque la pratique l'a déjà sanctionnée. Un grand nombre de maisons nouvellement construites sont munies du système complet ; dans beaucoup d'anciennes constructions, les foyers seuls ont pu être appliqués ; partout, ou presque partout, le succès a couronné les efforts de l'inventeur, et chaque jour ses travaux prennent une plus grande importance. Ainsi, tandis que, il y a trois ans, mille foyers seulement avaient été placés, ce nombre s'est élevé à dix-neuf cents l'année suivante, et a dépassé trois mille dans la dernière campagne. C'est là une industrie sérieuse, que vous n'hésitez pas à consacrer par votre approbation.

Votre comité a donc l'honneur de vous proposer de remercier MM. Mousseron et comp. de leur communication et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*, avec le dessin de l'appareil.

Signé Henri PELIGOT, rapporteur.

Approuvé en séance, le 22 avril 1863.

Tome X. — 62^e année. 2^e série. — Juillet 1863.

LÉGENDE DE LA PLANCHE 275 REPRÉSENTANT LES APPAREILS DE CHAUFFAGE
DE M. MOUSSERON.

Fig. 1. Vue de face d'un foyer disposé pour brûler de la houille ou du coke.

Fig. 2. Section transversale du foyer, suivant un plan vertical passant par l'axe.

Fig. 3. Vue de la face postérieure du foyer.

A, foyer en forme de niche portant la grille.

B, plaque de raccord du foyer.

C, C, conduits fixés derrière la niche du foyer (fig. 3), et se réunissant à leur partie inférieure pour déboucher au bas de la grille par une ouverture commune C'; c'est par cette ouverture que s'échappent les gaz au moment de l'allumage du combustible.

D, D, orifices par lesquels les conduits C débouchent également dans le foyer au sommet de la niche.

E (fig. 3), tuyau se raccordant avec les conduits C et offrant en haut du foyer, entre les orifices D, une ouverture E' par laquelle les gaz se rendent dans la cheminée.

En résumé, il y a au bas de la niche une large ouverture et à son sommet il y en a trois autres, qui sont les intersections des conduits C et du tuyau E avec la partie sphérique de la niche.

La figure 4 représente une section verticale partielle, et la figure 5 une section horizontale du système de tuyau ou de cheminée unitaire, imaginé par M. Mousseron. L'application en est faite à un mur de refend, et l'on voit que, dans ce cas, deux tuyaux unitaires s'élèvent parallèlement dans l'épaisseur de ce mur depuis le bas jusqu'en haut de la maison, et que dans chacun d'eux débouchent les foyers d'un même côté qui, à chaque étage, sont placés l'un au-dessus de l'autre.

F, mur de refend.

G, G, tuyaux unitaires.

H, porte placée au bas de chaque tuyau unitaire pour en faciliter le nettoyage.

I, foyers débouchant chacun dans l'un des tuyaux unitaires par un conduit courbe I'.

J, foyers débouchant dans l'autre tuyau unitaire par un conduit J' analogue au précédent.

Ces foyers sont faits pour brûler de la houille, du coke ou du bois; dans ce dernier cas, la grille est remplacée par une disposition spéciale indiquée sur le côté droit de la figure 5.

K, chambre de chaleur (fig. 4 et 5) réservée entre la paroi du mur et la face postérieure de chaque foyer.

Dans le cas d'un mur d'appui, comme il n'y a des foyers que d'un seul côté, il ne faut qu'un tuyau unitaire qui s'élève alors entre la paroi du mur et les chambres de chaleur.

(M.)

Fig. 1.

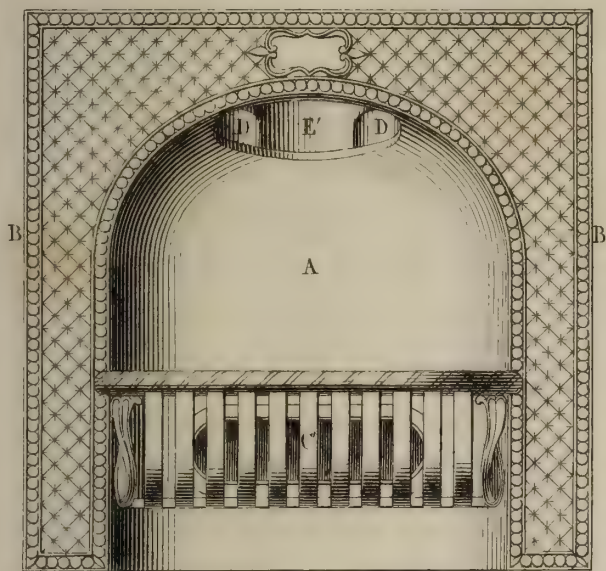


Fig. 2.

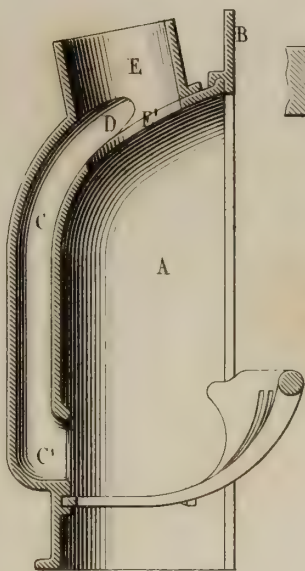
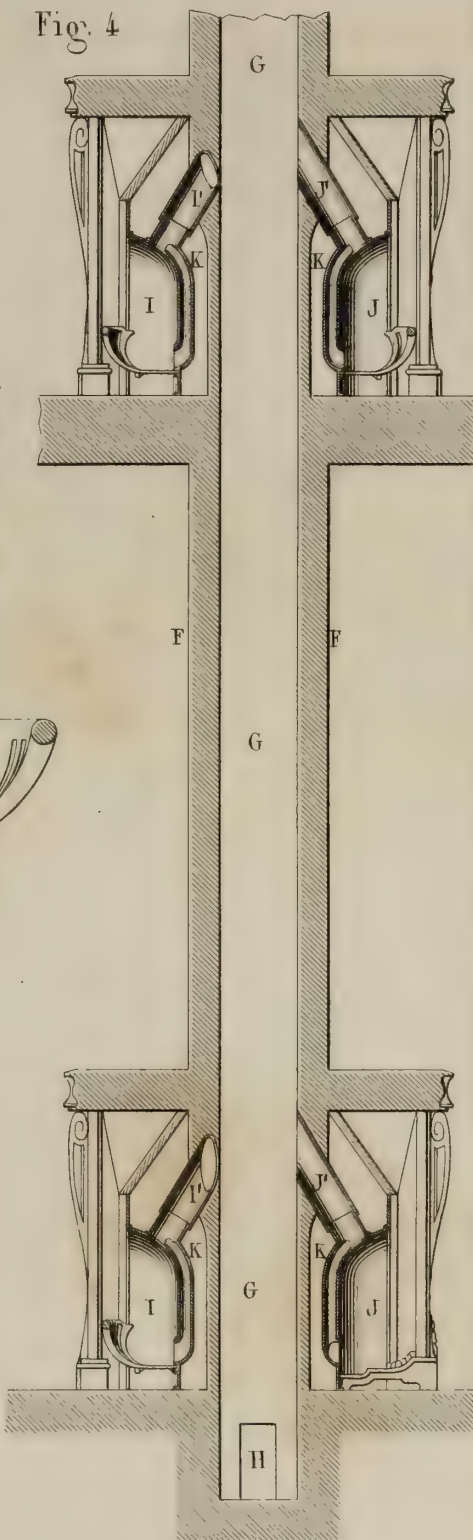


Fig. 4



Echelle des Fig. 1, 2 et 3.

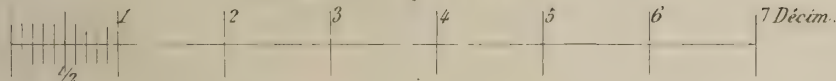


Fig. 3.

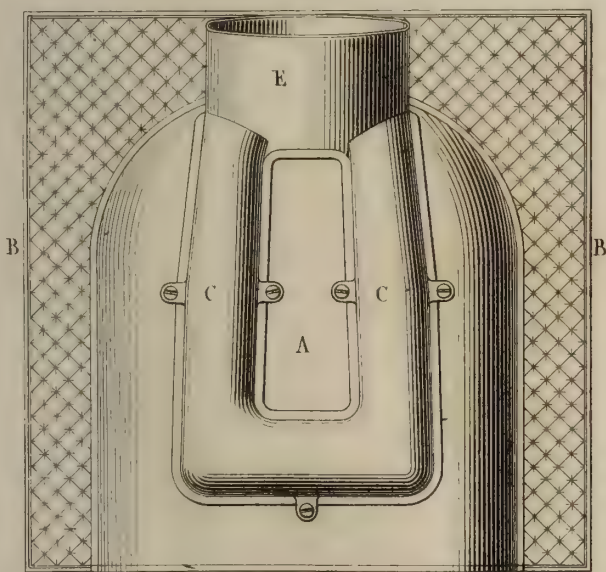
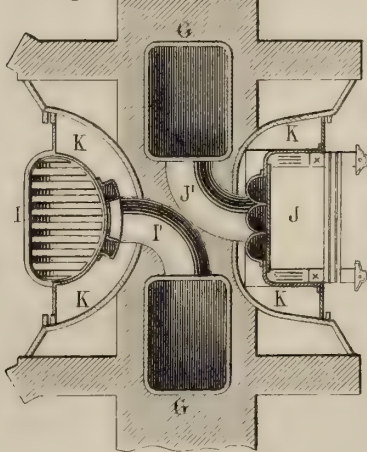
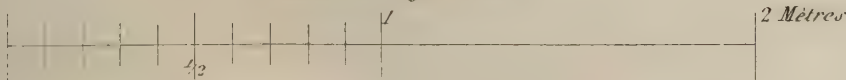


Fig. 5.



Echelle des Fig. 4 et 5.



BIBLIOGRAPHIE.

RAPPORT fait par M. BENOÎT, au nom du comité des arts mécaniques, sur l'ARITHMÉTIQUE THÉORIQUE, PRATIQUE ET MENTALE, présentée par M. GRANDEMANGE, à Orléans (1).

Messieurs, M. Grandemange, qui a eu le malheur de venir au monde sans bras ni jambes, mais qui a été doué d'une aptitude très-remarquable pour le calcul numérique mental, que plusieurs membres de nos comités ont bien constatée il y a déjà quelques années, et actuellement professeur de calcul mental à l'école municipale supérieure d'Orléans, vous a présenté un exemplaire de son *Arithmétique théorique, pratique et mentale, ou application raisonnée du calcul mental à l'arithmétique considérée au point de vue agricole, industriel et commercial*, dont le manuscrit, approuvé en 1858 par la Société pour l'instruction élémentaire de Paris, a été admis à l'Exposition universelle de Londres en 1862.

Votre comité des arts mécaniques, que vous avez chargé d'examiner cet ouvrage, en a trouvé le plan bien conçu et les détails bien appropriés au but que l'auteur s'est proposé.

La première partie est consacrée aux quatre opérations fondamentales sur les nombres entiers : à l'explication des principes pour reconnaître la divisibilité des nombres par 2, 3, 5, 7 et 11, ainsi que les nombres premiers ; pour établir le *Crible d'Ératosthène* et pour la recherche du plus grand commun diviseur et du plus petit multiple commun de nombres donnés.

La deuxième partie traite des fractions ordinaires et décimales et des fractions périodiques simples ou mixtes, et de la détermination de la fraction ordinaire génératrice d'une telle fraction, donnée.

La troisième partie est consacrée à l'exposition, très-bien présentée, du système métrique décimal français : soit des mesures des longueurs, des mesures des surfaces, des mesures des volumes et des mesures des poids, ainsi que du système des monnaies.

Enfin la quatrième partie, intitulée *application*, traite de la formation des puissances et de l'extraction des racines des nombres ; des rapports et proportions ; des diverses règles de trois, d'intérêt et d'escompte ; des règles de société, de change et d'alliage ; des progressions par différence et par quotient ; et finalement des logarithmes et de leur usage.

(1) P. Masson, imprimeur, 2, rue Sainte-Anne, à Orléans.

Toutes ces choses sont traitées avec détail et clarté. L'auteur explique d'ailleurs, dans cet ouvrage, la marche qu'il suit pour *opérer mentalement*, c'est-à-dire *sans écrire aucun chiffre*, les opérations arithmétiques qu'on lui a vu effectuer avec une rapidité et une exactitude étonnantes; et, en s'occupant des applications du calcul à la solution d'un grand nombre de questions, il trouve l'occasion de consigner dans son livre quelques notions d'une utilité incontestable, et dont la connaissance ne saurait être trop répandue.

En conséquence, votre comité vous propose, Messieurs, de remercier M. Grandemange de l'envoi qu'il vous a fait de son ouvrage;

De comprendre ce livre au nombre de ceux qui peuvent accompagner les médailles que vous décernez annuellement aux contre-maîtres et ouvriers que leurs services et leur conduite en rendent dignes.

Votre comité verrait, avec plaisir, que le conseil accordât à cet ouvrage la même faveur qu'aux *Récréations instructives* de M. Delbrück, en adressant à M. le Ministre de l'instruction publique une ampliation du présent rapport, et qu'il en ordonnât enfin la publication dans le *Bulletin* de la Société.

Signé BENOÎT, rapporteur.

Approuvé en séance, le 1^{er} juillet 1863.

RAPPORT fait par M. PRIESTLEY, au nom du comité des arts économiques, sur un OUVRAGE DESTINÉ A L'ENFANCE, présenté par M. Jules DELBRUCK, rue de Rivoli, 162 (1).

M. Jules Delbruck a présenté à l'examen de la Société d'encouragement un ouvrage destiné à l'enfance, et formant jusqu'à ce jour trois séries de *récréations instructives*. Chacune de ces séries comprend des fables, des rondes et chansonnettes, des récits variés, et enfin 12 tableaux synoptiques coloriés où est groupé tout ce qui peut se rattacher au sujet choisi, qu'il s'agisse de science, d'industrie ou d'économie domestique.

A chaque tableau est jointe une application qui, mise sous une forme de récit, enlève à l'esquisse scientifique ou industrielle l'aridité qu'elle aurait pu comporter.

Les récréations instructives ne sont pas l'œuvre d'une seule plume, mais les collaborateurs que M. Delbruck s'est choisis et sur lesquels il se plaît, en toute occasion, à reporter le mérite de cet ouvrage ont, en se pénétrant de ses idées, imprimé à ce livre un ensemble qui manque presque toujours là

(1) Paris, chez Hachette et comp., boulevard St.-Germain.

où plusieurs ont écrit. Instruire l'enfance en l'amusant, remplir son esprit de notions exactes propres à l'éclairer et à la mettre à même de se rendre compte de ce qu'elle voit, de ce qui la frappe, donner une ample satisfaction à cette active et incessante curiosité du jeune âge n'est pas le seul but que s'est proposé M. Delbruck. C'est un père de famille qui a conçu cet ouvrage, c'est un père de famille qui comprend tout le prix de l'éducation. Aussi, de quelque manière qu'il s'adresse à ses jeunes lecteurs, on voit qu'il cherche à développer en eux le sentiment du vrai, du bien.

Nous devons seulement regretter que le prix élevé de cette publication, justifié peut-être par son luxe typographique, ne la mette pas plus à la portée de nos jeunes apprentis, de notre jeunesse des campagnes. Elle serait utile surtout dans les familles où le labeur quotidien nuit aux soins que réclame l'éducation.

Mais ce regret que peut éprouver la Société d'encouragement, qui s'est si fréquemment préoccupée de l'instruction des classes ouvrières, ne doit pas l'empêcher de rendre justice à cet excellent ouvrage et de joindre son approbation à celle qu'il a déjà obtenue. M. Delbruck a eu la médaille du jury international de l'Exposition de 1862.

Le comité des arts économiques a l'honneur de vous proposer, Messieurs, en félicitant l'auteur des *Récréations instructives* de son utile publication, de comprendre cet ouvrage parmi ceux que la Société d'encouragement distribue aux contre-mâîtres et ouvriers, d'insérer le présent rapport au *Bulletin* et d'en adresser un exemplaire à M. le Ministre de l'instruction publique.

Signé PRIESTLEY, rapporteur.

Approuvé en séance, le 3 juin 1863.

INDUSTRIE TEXTILE.

DU JUTE ET DES AUTRES MATIÈRES VÉGÉTALES INDIGÈNES ET EXOTIQUES, PAR M. ALCAN (1),

Membre du comité des arts mécaniques.

I. *Essais tentés pour approprier de nouvelles fibres textiles aux besoins de la fabrication.*

Avant l'ère du travail automatique, lorsque le coton n'entrait dans l'usage qu'en proportion insignifiante et n'était employé qu'en trame dans certains tissus communs,

(1) Extrait des *Rapports des membres de la section française du jury international sur l'ensemble de l'Exposition universelle de 1862*, publiés par Napoléon Chaix et comp., propriétaires-éditeurs.

on filait un nombre assez grand de substances végétales, qui ont bientôt disparu devant l'envahissement du coton et l'usage des machines. Depuis un certain nombre d'années, et surtout depuis que l'on entrevoit l'insuffisance de la production du coton, il y a une tendance non-seulement à réintroduire dans la consommation les matières filées autrefois à la main, mais encore à en rechercher de nouvelles dans les diverses contrées du globe. Les substances autres que les matières textiles filamenteuses fondamentales que l'on était parvenu à filer en France, dans le courant du dernier siècle, étaient les filaments d'une certaine ortie, de la mauve, de la tige du houblon, du duvet de l'asclépiade, purs ou mélangés à d'autres substances; on en faisait des fils plus ou moins parfaits employés dans la toilerie. On a, de plus, essayé à plusieurs reprises l'emploi de fibres retirées, par un traitement très-simple, de l'écorce de divers arbres, du tilleul et surtout du mûrier; on a supposé aux filaments de ce dernier des propriétés toutes spéciales à cause de la destination de ses feuilles. Parmi les matières exotiques les plus populaires vers la fin du dernier siècle, se trouvait le lin de la Nouvelle-Zélande, le *phormium tenax*, dont l'usage comme textile eut peu de suite. Depuis, on a fait venir et essayé en Europe, sans plus de succès, les fibres des agavés, des palmiers, des yuccas, de l'aloès, de l'abaca et de quelques autres plantes, dont l'usage dans nos pays reste à peu près aussi borné que celui du *phormium*; quoique certaines d'entre elles soient employées par les naturels des contrées qui les produisent à des tissus qui présentent souvent des qualités fort remarquables; telles sont les étoffes des fibres tirées des feuilles des yuccas de l'Amérique du Sud, des bromélias des îles Philippines, etc. Ces produits se distinguent souvent par une finesse, une pureté et un brillant qui les font participer aux caractères de la batiste et des soieries. Dans ces dix dernières années, on s'est particulièrement attaché à la transformation d'une espèce d'ortie, *urtica nivea* ou *urtica utilis*, qui, dans diverses contrées, se trouve en assez grande abondance. La Chine, l'Inde, les rives du Potomac, du Rio-Grande, etc., la produisent. On en tire parti dans ces pays. Les Anglais, qui la font venir de la Chine, lui ont donné le nom d'herbe de Chine, *China grass*. Ces fibres, très-séduisantes par la finesse, la solidité, la blancheur et le brillant lorsqu'elles ont été bien préparées, présentent une certaine difficulté pour les premiers traitements. Cette circonstance, le prix relativement très-élevé de ce textile et la crainte qu'il ne résiste pas à certains agents ont probablement déterminé son abandon de la part des quelques industriels anglais qui avaient monté des machines spécialement destinées à le travailler. Mais, depuis la rareté du coton, un certain nombre de filateurs ont porté de nouveau leur attention vers cette substance, et se livrent à des recherches afin d'atténuer les obstacles qui se sont opposés jusqu'ici au développement de sa consommation. Pour faciliter les investigations de ce genre, nous croyons devoir entrer dans quelques détails sur un classement de fibres d'après leurs caractères originaux. Il nous semble que, sauf de rares exceptions, on pourrait ranger les filaments naturels d'après leur plus ou moins grande pureté ou facilité à les préparer pour les livrer au travail des manufactures, et les classer d'après leur origine en textiles de duvets, de feuilles, de tiges et d'écorces.

En effet, les duvets du cotonnier ou d'autres plantes se présentent dans un état de pureté absolu au point de vue naturel; ils ne sont mélangés que mécaniquement à la graine et à des corps étrangers. Des opérations très-simples suffisent à leur préparation. Pour obtenir les fibres en général très-riches que donnent les feuilles, un broyage ou raclage du parenchyme de la plante fraîche permet d'opérer la séparation sans difficulté. Il faut, au contraire, avoir recours à des préparations beaucoup plus complexes, à des rouissages de diverses sortes, lorsqu'il s'agit de retirer les filaments des tiges ou des écorces; pour certaines de ces dernières surtout, il faut avoir recours à des moyens chimiques énergiques, à la désagrégation par des bains alcalins, et à des lavages progressifs d'eau acidulée et d'eau pure.

Les caractères des fibres paraissent également varier avec les organes qui les produisent. Les duvets sont, en général, formés par des filaments relativement courts, peu denses, lisses, brillants et doux, d'une élasticité précieuse.

Les filaments des feuilles sont toujours plus longs, plus nerveux, plus blancs, plus faciles à diviser et plus tenaces, mais moins fins et moins élastiques que les duvets.

L'industriel a donc, selon nous, intérêt à rechercher l'origine d'un textile nouveau, et le voyageur qui rencontre pour la première fois une plante, qu'il suppose de quelque intérêt, devra examiner le siège de la partie utilisable pour se faire une idée *à priori* de l'importance du travail qui sera nécessaire pour en tirer parti.

Les écorces sont peu utilisées encore; les fibres qu'on en retire sont en général très-irrégulières, courtes et cependant peu élastiques; c'est ce qui a fait repousser jusqu'ici l'emploi de l'écorce du mûrier, dont on a si souvent cherché à tirer parti.

II. *Appréciation de divers textiles proposés.*

Le jute, *corchorus olitorius* et *corchorus capsularis*, de la famille des tiliacées, croît dans toutes les parties de l'Inde, à Ceylan, en Chine, en Perse, en Égypte, etc. Il change de nom et de taille suivant son origine. Il est également connu sous le nom de *mauve des juifs*, *olus judaicum* des anciens. Dans le Bengale, il est désigné sous celui de *pat*. Les auteurs qui l'ont décrit en Chine l'ont surnommé *ganja* ou *gania*, de là le *gunny* et *gunny bags* des Anglais, pour désigner certains produits qui en dérivent. Dans l'Inde, ces mêmes articles ont reçu divers noms, et entre autres celui de *chouti*, d'où vient le nom anglais de *jute*.

La plante, comme toutes celles qui croissent dans des climats divers, peut varier de l'état herbacé à celui d'arbre. Dans les pays secs et arides de la Syrie elle est chétive, tandis qu'elle atteint près de 3 à 4 mètres de hauteur au Bengale, et donne des fibres d'une longueur proportionnée.

Les feuilles sont employées comme aliment, et les fibres de ses tiges forment un des textiles les plus en usage depuis un temps immémorial. On l'emploie presque exclusivement aux vêtements des deux sexes chez les Indiens; quant à la race musulmane, elle fait usage principalement d'étoffes de coton.

Le jute sert encore à la fabrication des toiles d'emballage et des sacs. La préparation et le filage de cette plante forment la principale occupation des classes inférieures de l'Inde.

« Les veuves hindoues, dit un voyageur, le docteur Oroock, depuis l'abolition des *suttees*, ne se précipitent plus dans le bûcher qui consume leurs maris ; mais ces pauvres femmes dignes de pitié, sauvées par la loi anglaise, n'en restent pas moins victimes de l'opinion et de la coutume, délaissées ou méprisées dans la maison où naguère elles commandaient en maîtresse ; leur seule ressource pour ne pas mourir de faim est le filage et le tissage de ces étoffes. »

Les Indiens n'emploient que les fibres les plus courtes et les plus communes, qu'ils teignent pour former des espèces de tissus grossiers. Les plus belles qualités sont vendues à l'étranger, et notamment à l'Angleterre.

La première préparation du jute, dans les lieux où il se récolte, est identique à celle du rouissage de nos contrées. Lorsqu'on veut lui donner une belle apparence, on pousse ce traitement un peu loin, mais l'avantage de l'aspect n'est alors obtenu qu'au détriment de la ténacité ; il en est de même de l'abus du rouissage pour le lin. Lorsqu'on veut obtenir le jute dans toute sa force, il faut le faire venir entièrement brut, et vierge de toute préparation première plus ou moins bien faite.

L'importance croissante que prend la consommation du jute, dont la culture paraît très-facile dans les climats qui ont de l'analogie avec celui de l'Algérie, fait présumer que l'on développera aisément et utilement sa culture dans cette colonie.

L'objection la plus sérieuse que l'on fasse chez nous à l'emploi de ce végétal, c'est son peu de durée relativement à celle du chanvre et du lin ; on prétend surtout que les produits de cette matière ne peuvent résister à l'humidité. Nous ne pensons pas que le reproche ainsi formulé soit exact. Nous avons fait des expériences comparatives à ce sujet, nous avons exposé pendant plusieurs semaines, en les enterrant dans un sol humide, des chanvres, des lins et du jute brut, et le jute en a été retiré aussi sain que les autres végétaux. Il y a donc un préjugé sous ce rapport ; mais l'objection est justifiée quand il s'agit de la résistance de ce textile à la vapeur humide et aux actions du lessivage et des alcalis. Ces véhicules détériorent le jute et ses produits avec une rapidité très-sensible ; cela provient sans doute de ce que ses fibres contiennent des parties naturelles incrustées par places, qui se trouvent attaquées par les agents dont nous venons de parler. Or tout le problème consiste à traiter le jute brut de façon à le débarrasser de ce corps obstruant avant de l'employer, et la solution de ce problème, dont les conséquences peuvent devenir très-importantes, est loin de paraître impossible.

En attendant, l'industrie anglaise emploie cette substance dans les articles les moins exposés aux traitements chauds et alcalins. Ces articles consistent dans la toile grossière pour raccommodage et dans les treillis ordinaires à double chaîne, les treillis croisés, la toile d'emballage ; dans des nattes, paillassons, tapis de foyer unis, façonnés, teints ou imprimés, feutrés, etc., depuis le n° 2 jusqu'aux n°s 22 ou 23. Sous toutes les formes, on peut estimer que les fils de jute reviennent en général de 40 à

50 pour 100 meilleur marché que les fils similaires en chanvre ou en lin. Il est donc facile de déterminer l'importance de la concurrence du jute pour chaque article où la valeur du fil est déterminée par rapport à celle du produit.

Voici, d'ailleurs, les prix de quelques articles de ce genre : les toiles d'emballage les plus communes sont vendues, à Dundee, 53 centimes le mètre, qui pèse en moyenne 335 grammes. Une qualité plus fine de 0^m,82 de largeur, et du poids de 400 grammes environ, coûte 38 centimes le mètre.

Le treillis croisé de 0^m,66 de largeur revient à 42 centimes le mètre et pèse environ 630 grammes. Enfin le même de 0^m,685 de largeur est vendu 45 centimes le mètre, dont le poids est à peu près le même.

Ces prix du jute expliquent la concurrence qu'il fait aux étoupes, par exemple, qui sont classées en général dans les matières inférieures; il y a là un motif de plus pour qu'on se hâte de tirer un meilleur parti des étoupes, conformément aux indications précédentes.

Quant aux transformations mécaniques à faire subir au jute et aux machines nécessaires pour le travailler, nous avons déjà dit que celles dont on se sert pour le lin peuvent y être employées aussi, sauf de légères modifications et une lubrification de la matière avant de la traiter, afin de lui donner de la souplesse et de la rendre plus maniable aux opérations, soit que l'on peigne ou que l'on carde la filasse.

Malgré les reproches plus ou moins justifiés adressés à cette matière et le développement récent de cette industrie, l'Angleterre possède déjà des établissements considérables appliqués non-seulement aux articles unis, mais aux produits façonnés.

Dundee compte, pour la fabrication exclusive de cet article, des établissements aussi importants que ceux dont nous avons parlé pour les damassés. Les moyens mis en œuvre pour transformer le jute, sauf de légères modifications dont nous avons signalé précédemment les principales, sont identiques à ceux en usage pour la fabrication de la moquette de laine.

L'industrie s'est bornée, jusqu'ici, à tirer du jute des articles unis faits avec de gros fils, ou des façonnés obtenus par des fils également communs, mais doués de brillant et surtout de souplesse. Les circonstances sont telles, qu'il pourrait y avoir un grand intérêt à chercher à faire des fils plus fins que ceux qui ont été tirés jusqu'ici de cette substance, afin d'arriver, avec une matière à meilleur marché que le coton, même dans les temps normaux, à des fils simples, doubles et retors, souples, prenant parfaitement la teinture, et susceptibles de devenir un substitut du coton, au moins dans une foule d'articles mélangés de laine et de soie pour vêtements; car, si la crise du coton continue, elle frappera non-seulement les produits en coton pur, mais encore la masse considérable des produits mélangés.

Notre idée de chercher à filer le jute plus fin, pour arriver à ce but nouveau, rencontrera sans contredit bien des objections; nous les prévoyons pour la plupart, mais nous n'en voyons pas d'absolues, ni même d'assez sérieuses pour que la pratique ne se mette résolument et rapidement à l'essai : elle a résolu des problèmes plus difficiles

que celui que nous lui proposons, et à la solution duquel nous serions heureux, pour notre part, dans l'intérêt général, de contribuer, en mettant à la disposition de ceux qui voudraient faire les premiers essais les idées que nos études spéciales sur la question nous ont suggérées.

ARTS MÉCANIQUES.

SUR LES PROPRIÉTÉS DU FER ET SUR LE DEGRÉ DE RÉSISTANCE QU'IL PEUT OFFRIR AU CHOC DES PROJECTILES LANCÉS A TOUTE VITESSE, PAR M. WILLIAM FAIRBAIRN.

(*Extrait d'un mémoire lu à l'Institut royal de Londres dans la séance du 9 mai 1862.*)

L'auteur entre d'abord dans quelques détails historiques; il dit que, « bien que nous n'ayons aucune donnée exacte sur l'époque précise à laquelle on a employé des plaques de fer forgé à la construction des navires, il est permis cependant d'établir d'une manière certaine qu'à la fin du dernier siècle on a vu sur quelques canaux des bateaux en fer.

« En 1824, M. Manley, du comté de Stafford, construisit un bateau à vapeur en fer destiné à la navigation de la Seine; ce fut le premier bâtiment de ce genre qui fit un voyage sur mer. Il fut conduit au Havre par feu l'amiral sir Charles Napier, et, quoiqu'il fût établi pour naviguer sur des cours d'eau peu profonds, il n'en traversa pas moins très-heureusement le détroit. De cette époque jusqu'à 1830, non-seulement on ne fit aucune tentative pour substituer le fer au bois dans les constructions navales, mais on ne s'occupa même d'aucune étude ayant pour but de déterminer les propriétés que pourrait offrir le fer en vue d'une semblable substitution.

« L'emploi de ce métal a été amené par une série d'expériences entreprises dans l'exercice de 1829 à 1830, par la compagnie du canal du Forth et de la Clyde, en vue de déterminer suivant quelle loi s'effectueraient, sur les canaux, la traction de légers bateaux animés d'une grande vitesse. On commença par établir de petits bâtiments en fer, puis bientôt les avantages qu'offrit cette application nouvelle sous le double rapport de la force et de la légèreté suggérèrent l'idée de l'étendre à des bâtiments de plus grande dimension, et enfin aux navires de première classe de la marine militaire et de la marine marchande. Les difficultés d'une semblable transformation étaient cependant considérables, et, si elles furent vaincues pour les paquebots et les navires de commerce, il n'en fut pas de même pour les vaisseaux de guerre, à l'égard desquels on considéra le problème comme insoluble jusque dans ces dernières années. Il est vrai de dire qu'avant l'application du nouveau système de revêtement, introduit d'abord par l'empereur Napoléon en 1854, un navire en fer était bien plus exposé à souffrir, en temps de guerre, qu'un navire construit entièrement en bois. Mais aujourd'hui qu'on est parvenu à faire des plaques épaisses capables, dans les circon-

stances ordinaires, de résister pendant un temps relativement considérable au choc des projectiles lancés par des pièces de 120 livres (1), les opinions ont entièrement changé. »

Dans ces conditions, M. Fairbairn estime, malgré quelques avis opposés, que le règne des navires de guerre en bois est passé, et qu'en présence des questions nouvelles que soulèvent la substitution du fer et son mode d'application l'Angleterre, sous peine de rester en arrière des autres nations, doit chercher à tout prix à conserver la domination qu'elle exerce sur les mers. Cela étant, il passe en revue les questions suivantes.

Propriétés du fer.— « Quelle que soit, dit-il, la nature des travaux dont l'exécution lui est confiée, soit en mécanique, soit en architecture navale ou autre, l'ingénieur ou l'architecte ne saura créer une œuvre parfaite, s'il ne connaît d'une manière complète les propriétés des matériaux dont il doit faire usage. Qu'il s'agisse d'une maison, d'un vaisseau ou d'un pont, il est indispensable, pour obtenir des résultats satisfaisants, qu'il ait des notions très-nettes sur la force, les proportions et l'agencement des diverses parties de l'œuvre projetée. Pour cela, il doit connaître d'abord la résistance du fer à la rupture par traction directe. Cette résistance est,

Pour le fer du Yorkshire.	de	34 ^{ton} ,50	par	pouce	carré.
— — Derbyshire.		20	,25	—	—
— — Shropshire.		22	,50	—	—
— — Staffordshire.		20	,00	—	—

De la ténacité des assemblages à rivets. — « En partant des chiffres qui précèdent et qu'il ne devra jamais perdre de vue, l'architecte naval sera mieux à même de combiner d'une manière judicieuse les éléments qui composent la membrure d'un navire en fer, de telle sorte qu'il présente une résistance uniforme aux efforts de toute nature qu'il aura à supporter et qu'il soit à même de recevoir les différents changements que les nécessités du service peuvent exiger. Mais ce n'est pas tout encore; il est une autre question qui, dans aucun cas, ne doit être négligée, je veux parler de celle qui concerne les joints à rivets des plaques et leur ténacité comparée à celle des plaques elles-mêmes. Or des expériences (2) ont démontré que,

La ténacité d'une plaque étant prise pour.	100
Celle d'un joint à double rang de rivets est de.	70
Et celle d'un joint à un seul rang de rivets de.	56

« Ces évaluations sont d'une grande importance pour les navires en fer, qui exigent

(1) Nous rappellerons, pour la lecture de ce mémoire, que 1 livre anglaise = 0^k,45

1 tonne — = 1015

1 pied anglais = 0^m,30

1 pouce — = 0^m,025

(2) Ces expériences sont relatées en détail dans un ouvrage de M. Fairbairn intitulé, *Useful information for engineers*; nous les publierons prochainement. (R.)

des rivures soignées tant pour leur construction que pour celle des chaudières; il est donc indispensable de faire entrer ces données dans les calculs.

De la solidité des navires. — « Dans ces derniers temps, on a trouvé convenable d'augmenter la longueur des navires à vapeur et à voiles jusqu'à leur donner huit et neuf fois la largeur qu'ils ont au maître-bau, et cela pour deux raisons : la première, dans le but de produire une rapidité de marche plus grande en donnant à l'avant et à l'arrière des bâtiments des formes effilées, et la seconde pour obtenir, relativement à une même section, une capacité qui permît de disposer d'un plus fort tonnage. A ce point de vue, cette augmentation de longueur, qu'elle ait ou non atteint le maximum possible, pourrait ne soulever aucune objection sérieuse; mais, malheureusement, elle n'a jamais été appliquée qu'au grand détriment de la solidité du navire. Tout bâtiment à flot supportant l'action d'une mer houleuse (et je ne dis rien du cas où il peut être échoué sur des rochers ou des bancs de sable) est soumis aux mêmes lois d'effort transversal que de simples poutres creuses, telles qu'en offrent l'exemple les ponts tubulaires Conway et Britannia. En supposant cette assimilation exacte, on voit qu'on ne peut impunément augmenter la longueur d'un navire, si l'on n'augmente en même temps sa profondeur, c'est-à-dire sa section médiane à partir du pont supérieur.

« Si nous considérons un bâtiment de construction ordinaire, c'est-à-dire ayant les dimensions considérées depuis quelques années comme les meilleures, savoir 300 pieds de long, 41 pieds 6 pouces de large au maître-bau et 26 pieds 6 pouces de profondeur, il ne sera pas difficile de démontrer combien il est impropre à résister aux efforts qu'il peut avoir à supporter. A cet effet, nous pourrions, sans nous écarter de la vérité, le considérer comme une simple poutre soumise aux mêmes efforts, car, jusqu'à un certain point, le cas est le même soit lorsque le bâtiment est supporté à ses deux extrémités par la vague, soit lorsqu'il s'élève, au contraire, sur la crête d'une autre vague qui le soulève en son milieu pendant que l'avant et l'arrière restent en partie suspendus. Dans ces différentes positions, le navire est soumis à des efforts alternatifs s'exerçant dans le sens de la longueur du pont et de la quille, le point d'application de ces efforts changeant suivant que le bâtiment est soulevé par les deux extrémités ou par le milieu.

« Tels sont les accidents auxquels doit s'attendre tout navire d'une certaine longueur, surtout dans les mers où la distance qui sépare les crêtes des vagues n'excède pas cette longueur. Il est vrai que, pendant un certain nombre de voyages, il pourra résister aux efforts continus qui le solliciteront; mais, si nous supposons qu'un ouragan ou toute autre cause le jette sur des rochers dans une position telle que la proue et la poupe restent suspendues, il y a toute probabilité qu'il se brisera en deux, d'une part parce qu'il n'aura pas été suffisamment ponté, et d'autre part parce que sa coque sera trop faible. C'est par là que pèchent le plus souvent les navires en fer de cette espèce, aussi bien que ceux en bois, lorsqu'ils se trouvent placés dans les mêmes conditions. »

Des changements en cours d'exécution. — L'auteur, parlant des changements im-

portants qu'on fait subir, de nos jours, aux bâtiments de la marine, rappelle le *Warrior* et les terribles engins de guerre qui, sous les noms de *Merrimac* et de *Monitor*, ont fait tant de bruit pendant les premiers mois de la grande lutte américaine. Il croit qu'il est aujourd'hui de toute nécessité, pour une nation qui a une flotte, d'avoir des navires cuirassés, et d'abandonner l'ancien système des bâtiments en bois qui, fussent-ils à trois ponts comme la *Victoire* et la *Ville de Paris*, ne pourraient lutter, même une heure, contre des ennemis tout bardés de fer.

« Cette perspective, ajoute-t-il, n'est pas encourageante, mais l'Angleterre doit la regarder comme indispensable à sa sécurité et appliquer tous ses efforts et son génie à réaliser les modifications qu'il indique. D'ailleurs, les applications de la science ont fait accomplir, dans ces derniers temps, de si grands progrès aux arts industriels, qu'on ne doit pas s'étonner de voir l'art de la guerre se perfectionner à son tour et amener un bouleversement complet dans toutes ses anciennes pratiques.

« Pénétré de ces idées, le gouvernement de la Grande-Bretagne a fait procéder à une longue série d'expériences, dans le but de déterminer comment les nouveaux bâtiments de sa flotte devaient être construits, comment ils devaient être armés et enfin quelles conditions ils devaient remplir pour conserver au pays la domination des mers. Ces problèmes ne concernent pas seulement le blindage des navires; mais ils s'appliquent, en général, à leur construction qui doit être assez résistante pour leur permettre de supporter les mauvais temps aussi bien que le choc des projectiles. Tels sont les motifs qui m'ont engagé à mettre cette question en évidence, et à montrer que plusieurs de nos bâtiments marchands sont d'une excessive faiblesse qu'on doit attribuer d'une part à une économie mal entendue, et d'autre part à l'ignorance ou à la négligence des premiers principes de l'art des constructions navales.

« Aujourd'hui il est évident que nos navires de guerre de première classe doivent être longs et peu profonds; partant de là, il est nécessaire qu'ils possèdent des éléments de force et de résistance que n'ont pas ordinairement les bâtiments plus courts et d'une profondeur presque double. Ainsi, un vaisseau de construction nouvelle qu'on voudrait armer comme celui de 1^{re} classe, le *Duc de Wellington*, devrait avoir une longueur presque double et un peu plus de moitié de profondeur. Supposons, par exemple, que le *Duc de Wellington* ait 340 pieds de long et 60 de profondeur; supposons, au contraire, au nouveau navire 500 pieds de long et 46 de profondeur. La résistance W à un effort transversal tendant à couper le navire étant représentée par l'équation :

$$W = \frac{adc}{l},$$

dans laquelle a représente la surface, d la profondeur, c une constante et l la longueur, nous aurons pour le premier bâtiment, en donnant à c la valeur de 60 et à a celle de 1,060 pieds carrés pour ses deux ponts,

$$W = \frac{1060 \times 60 \times 60}{340} = 11223 \text{ tonnes,}$$

et pour le second, en admettant pour α la même valeur de 1,060,

$$W = \frac{1060 \times 46 \times 60}{500} = 5851 \text{ tonnes,}$$

valeur qui dépasse à peine la moitié de la première.

« On voit, d'après cela, qu'on ne saurait apporter trop de soins et d'attention dans la conception et la construction de la nouvelle flotte, pour donner à ses bâtiments la stabilité et la sécurité les plus grandes. C'est là un sujet que je suis heureux de voir pris en grande considération par l'Amirauté et par le Contrôle de la navigation.

Propriétés mécaniques du fer. — « Ici il s'agit d'examiner quelles sont les qualités les plus favorables que le fer doit posséder pour résister à la pénétration d'un boulet lancé à grande vitesse. Un comité délégué par le gouvernement pour étudier cette question a fait, sur plusieurs échantillons de plaques de fer, des expériences dont voici quelques résultats :

Pesanteur spécifique du métal.	7,7621
Résistance à la rupture par traction directe (<i>tensile strenght</i>).	24 ^{ton.} ,802 par pouce carré.
Résistance à l'écrasement par unité de longueur.. . . .	14 ,203
Résistance statique à la perforation [les plaques ayant 1 pouce d'épaisseur].	40 ,1804

« Les échantillons soumis aux expériences ont été comprimés peu à peu, jusqu'à ce que leur hauteur fut réduite à moitié en même temps que leur diamètre augmentait, limite à laquelle l'effort qu'ils ont supporté était de 90 tonnes par pouce carré.

« Ces plaques représentaient des fers de quatre espèces différentes, A, B, C, D; les deux premières espèces et la dernière provenaient à la fois du laminage et du martelage, tandis que la troisième était du métal homogène et s'est mieux comportée que les autres lorsqu'on l'a soumise à un effort de traction ainsi qu'à l'action d'une pression morte (*dead pressure*). Voici les chiffres qui représentent leur densité et leur résistance.

MARQUES DES PLAQUES.	DENSITÉS.	RÉSISTANCE.
Plaques A.	7,8083	^{Tonnes.} 24,644
— B.	7,7035	23,354
— C métal homogène (<i>homogeneous</i>).	7,9042	27,032
— D.	7,6322	24,171

Remarques. — « On voit que les résistances sont dans le rapport des densités, excepté pour les plaques de la série B.

« Dans les expériences par compression, il n'y a pas eu de véritable écrasement ;

seulement les plaques ont cédé sous une charge de 13 à 14 tonnes par pouce carré et, par suite de l'augmentation graduelle de cette charge, elles se sont fendues considérablement en même temps qu'elles ont diminué de hauteur.

« Quant aux expériences de percement, voici les différentes expressions de la résistance que les plaques A, B, C, D ont présentée à un poinçon à tête plate, agissant par perforation sous l'action d'une pression morte :

MARQUES DES PLAQUES.	RÉSISTANCE à la perforation en tonnes par pouce carré.	RAPPORT des résistances, A étant pris pour unité.
Plaques A.	19,511	1,000
— B.	17,719	0,907
— C.	27,704	1,168
— D.	17,035	0,873

« Après avoir déterminé la résistance à la rupture des plaques de fer et d'acier soumises à différents efforts mécaniques, il était intéressant non-seulement de constater les relations étroites qui existent entre les chiffres fournis par ces expériences et ceux donnés par les analyses chimiques auxquelles s'est livré M. le docteur Percy, mais encore de vérifier le degré d'approximation qu'ils offrent avec ceux résultant des expériences de tir faites à Shœburyness.

« M. Percy fait remarquer que, de toutes les plaques essayées à Shœburyness, ce sont celles des marques A, B, D qui ont présenté le plus de résistance; la marque C ne s'est pas bien comportée. Le fer des plaques E contenait moins de phosphore que celui des marques A, B, D; or on sait que le phosphore est pour le fer une impureté qui tend à un haut degré à le rendre cassant à froid (*cold short*). Voici les proportions (1) de tous les corps étrangers associés au fer de ces plaques :

MARQUES DES PLAQUES.	CARBONE.	SOUFRE.	PHOSPHORE.	SILICE.	MANGANÈSE.
A.	0,01637	0,104	0,106	0,122	0,28
B.	0,0327	0,121	0,173	0,160	0,029
C.	0,023	0,190	0,020	0,014	0,100
D.	0,0436	0,118	0,228	0,174	0,250
E.	0,170	0,0577	0,0894	0,110	0,330

En comparant les résultats de ces analyses avec ceux fournis, au point de vue méca-

(1) Pour 100 probablement.

(R.)

nique, par les fers expérimentés, M. Fairbairn indique, à l'égard des plaques C qui se sont le moins bien comportées, que la présence de 0,023 pour 100 de carbone semble rendre le métal cassant et que, malgré leur assimilation aux plaques A sous le rapport de la résistance à la rupture par traction et par compression, les plaques de cette marque se sont montrées très-inférieures aux autres sous celui de la résistance au choc du boulet. Il conclut de là que l'élasticité et la ténacité sont les qualités les plus propres à rendre le fer capable de supporter l'attaque d'un projectile lancé à toute vitesse.

D'un autre côté, il fait remarquer que le fer forgé, qui présente une cassure fibreuse lorsqu'on le ploie pour le briser, offre une texture toute différente lorsque la rupture a été déterminée brusquement par vibration ou par le choc violent d'un boulet. Dans le premier cas, les fibres soumises à un effort de tension se sont allongées sous forme de fils aussi fins que de la soie, tandis que, dans le second où la cause de rupture n'est pas la même, il n'y a pas d'allongement et la cassure a une texture cristalline bien déterminée. Il est vrai de dire que toute espèce de fer non travaillé a une même texture au premier abord; mais, par suite des procédés divers de mise en œuvre, tels que le forgeage au marteau, le laminage, etc., les cristaux s'allongent peu à peu et se transforment en fibres. Il y a donc une énorme différence dans la cassure du métal, lorsque la rupture est produite par déchirement et par courbure, ou lorsqu'elle provient d'un choc, qui n'est qu'un effort brusque dans lequel le temps n'entre pas comme élément.

« Quand on examine attentivement, continue l'auteur, l'état dans lequel se trouvait, il y a un demi-siècle, la métallurgie du fer, on constate qu'à l'égard des propriétés de ce métal nos connaissances étaient élémentaires et des plus imparfaites. Aujourd'hui encore il nous reste beaucoup à apprendre; mais en raison du rang qu'occupe l'Angleterre parmi les nations, en présence des transformations auxquelles nous assistons de tous côtés, nous devons multiplier nos efforts pour étendre le champ de nos connaissances et nous diriger, avec l'aide de la science, dans l'étude d'un métal appelé, dans l'avenir, à concourir, dans une large mesure, à la défense du pays. Il est donc de toute importance non-seulement d'acquérir une connaissance parfaite du fer au point de vue de ses propriétés mécaniques et chimiques, mais d'arriver à pouvoir en faire des applications sous les formes et dans les conditions les plus propres à lui faire remplir le rôle qui lui est assigné de nos jours.

« Ce sont ces considérations qui m'ont vivement engagé à entreprendre, avec quelques-uns de mes habiles collègues, les recherches laborieuses qui nous occupent encore maintenant, et en considérant les résultats des récentes expériences faites, d'une part, avec le canon de 300 livres et, d'autre part, avec les cibles fixes, il y a tout lieu de penser que la question donnera lieu pendant longtemps à un débat difficile. »

D'après les essais auxquels il s'est livré, à Manchester, sur des plaques diverses, M. Fairbairn trouve que la résistance varie en raison directe de l'épaisseur, c'est-à-dire que, si l'épaisseur suit la progression 1, 2, 3, etc., la résistance sera également comme

1, 2, 3, etc. Au contraire, les épreuves de Shoeburyness démontrent que, jusqu'à une certaine épaisseur, la résistance d'une plaque au choc des projectiles augmente à peu près comme le carré de son épaisseur; c'est-à-dire que, si l'épaisseur croît comme les nombres 1, 2, 3, 4, etc., la résistance croîtra comme 1, 4, 9, 16, etc. Par conséquent, la puissance destructive du boulet est représentée par l'expression de sa *force vive*, et non par celle de son *moment* comme on l'a quelquefois supposé, et la quantité de travail accumulée dans le projectile varie directement comme le poids de la masse multiplié par le carré de la vitesse. Il y a, comme on voit, une grande différence entre la pression statique et l'effet dynamique.

« Dans le but de déterminer la différence qui existe entre les effets produits par un projectile à tête plate et par un projectile à tête ronde, une série d'expériences a été entreprise avec deux poinçons identiques, correspondant exactement au projectile d'acier du canon de 0^{piéd},85 de diamètre employé au tir de Shoeburyness; les résultats obtenus avec les plaques A, B, C, D ont été comme suit :

NATURE DES PLAQUES.		RÉSISTANCE EN LIVRES.	
		Poinçon à tête plate.	Poinçon à tête ronde.
Épaisseur de 1/2 pouce,	Plaques A.	Livres. 57,956	Livres. 61,866
	— B.	57,060	48,788
	— C.	71,035	85,524
	— D.	49,080	43,337
Épaisseur de 3/4 de pouce,	Plaques B.	84,587	98,420
	— D.	82,381	98,571
Moyenne.		67,017	72,754

« Les chiffres précédents démontrent que la résistance statique à l'action perforante d'un outil est à peu près la même dans les deux cas; que le poinçon soit à tête plate ou à tête ronde, les moyennes obtenues sont dans le rapport de 1,000 à 1,085, c'est-à-dire que la moyenne, dans le second cas, est de 8 1/2 pour 100 supérieure à celle fournie dans le premier. Mais ici s'arrête l'analogie des résultats, et, lorsqu'on vient à examiner et à comparer les dépressions du métal déterminées dans les deux cas par l'action perforante de l'outil (*the depth of indentation*), on voit que celle produite par le poinçon à tête ronde est 3 1/2 fois plus profonde que l'autre. De là cette déduction importante que, tandis que la résistance statique des plaques à l'action perforante est presque la même quelle que soit la forme de l'outil perforateur, au contraire la résistance dynamique ou la quantité de travail produite est deux fois plus considérable dans le cas du poinçon à tête ronde. Il est inutile de faire remarquer que, s'il y a là une

loi, elle n'est qu'approximative; mais, en tout cas, elle coïncide d'une manière remarquable avec les résultats du tir de Shoeburyness et permet d'expliquer les différences que ces expériences ont présentées, surtout lorsqu'il s'est agi de projectiles sphériques lancés à toute vitesse par des canons non rayés. »

Pour montrer l'effet dynamique ou la quantité de travail produite par la masse du boulet lancé à différentes vitesses, M. Fairbairn cite les résultats obtenus dans des expériences de tir faites contre plusieurs espèces de cibles; les chiffres qu'il donne prouvent que deux de ces cibles ont supporté une quantité de travail qui, en somme, aurait été capable de couler le plus grand vaisseau de la marine britannique. « Tout le monde sait, poursuit-il, au point de vue physique, ce que c'est que l'artillerie, mais il est peu de personnes qui soient familiarisées avec la nature des opérations de cette arme et des effets produits par le tir sur les flancs d'un navire ou sur des forts et des cibles opposant une résistance fixe. La charge d'un canon (*the shot of a gun*), pour employer l'expression de mon collègue M. Pole, n'est autre que le moyen de transporter une force mécanique d'un point à un autre. La poudre à canon, par sa combustion dans l'arme, engendre une certaine quantité de force ou de travail mécanique comme on dit aujourd'hui, et le rôle du projectile est de transporter cette force à distance et de l'appliquer sur un point inaccessible de toute autre manière. L'effet produit est alors donné par la formule de M. Pole. Ainsi, d'après le principe des forces vives, la quantité de travail accumulée par la masse en mouvement est représentée par l'expression

$$\frac{W \times V^2}{2g},$$

dans laquelle V est la vitesse en pieds par seconde, W le poids du projectile en livres et g la pesanteur $= 32 \frac{1}{6}$.

« En supposant un boulet de 156 livres comme celui lancé récemment contre la plaque du *Warrior*, et animé d'une vitesse de 1,700 pieds par seconde, la quantité de travail produite sera de

$$\frac{156 \times (1700)^2}{64 \frac{1}{3}} = 7,008,238 \text{ livres élevées à 1 pied de haut (1).}$$

« Telle est, dans ces conditions, la force considérable que le projectile est capable d'appliquer contre tout obstacle tendant à arrêter sa course et à ramener ses molécules à l'état de repos. En d'autres termes, cette force est équivalente au travail développé pour élever plus de 3,000 tonnes à 1 pied de haut. »

De l'emploi du fer comme moyen de défense. — Après avoir ainsi résumé, d'une manière succincte, l'état dans lequel se trouvent nos connaissances actuelles relative-

(1) En mesures anglaises, l'effet utile produit par la force du cheval est de 33,000 livres élevées à 1 pied par minute.

ment à l'étude du fer et de ses applications à l'architecture navale, M. Fairbairn examine sous quelle forme et dans quelles circonstances il convient le mieux d'employer ce métal pour assurer l'invulnérabilité des vaisseaux et des forts.

« Pour ces derniers, dit-il, la question peut se résoudre en donnant suffisamment d'épaisseur aux épaulements des batteries; mais il ne saurait en être de même lorsqu'il s'agit des navires, dont la force limite nécessairement le poids et l'épaisseur des plaques. On a fait remarquer, avec quelque raison, que la guerre d'Amérique avait fourni une leçon à cet égard; mais on ne doit pas oublier que les bâtiments ni l'artillerie auxquels on fait allusion n'offraient rien qui pût être comparé aux conditions dans lesquelles les épreuves de tir de Shœburyness ont été faites.

« A en juger d'après les résultats obtenus avec le canon Armstrong non rayé, ne semblerait-il pas cependant qu'on pût encore se demander si la sécurité de nos navires de guerre ne serait pas la même qu'ils fussent ou non bardés de fer? En effet, à supposer que les bâtiments de construction nouvelle fussent assez forts pour être armés avec des canons de 300 livres, les plaques de blindage, de 6 à 7 pouces d'épaisseur, ne résisteraient pas, et probablement les boulets produiraient au milieu de l'équipage plus de ravage qu'ils n'en font lorsqu'ils pénètrent librement dans les flancs du navire. Dans ce cas, nous ne serions pas plus avancés qu'à l'époque où on employait des murailles de bois, avec cette différence, cependant, que l'emploi du fer serait un préservatif contre les incendies. En revanche, ainsi qu'on l'a dit plus haut, la question n'est plus la même lorsqu'il s'agit des forts, et, comme on n'a pas là à se préoccuper du poids des plaques, je suis convaincu que les ouvrages de défense peuvent être construits dans des conditions capables de leur permettre de résister au choc de l'artillerie la plus puissante.

« En faisant les observations qui précèdent, je ne prétends pas dire que les navires de guerre ne puissent être protégés; mais je fais remarquer qu'il nous reste encore à étudier sous quelle forme cette protection peut leur être donnée, afin de les mettre à l'abri non-seulement de l'artillerie puissante que nous voyons aujourd'hui, mais encore de celle plus formidable qui s'annonce dans l'avenir et que le temps ne manquera pas de réaliser.

« A propos des forts, on a vivement contesté leur utilité; aussi le gouvernement, cédant à la pression de l'opinion publique, a-t-il fait suspendre la construction de ceux qu'on était en train d'établir à Spithead. Pour moi je pense qu'on a eu tort, car la nécessité des ouvrages à terre est suffisamment démontrée et par l'exemple de la lutte entre le *Merrimac* et le *Monitor* et par les expériences de Shœburyness, qui ont fait voir qu'il n'est pas de vaisseau, fût-il protégé par le meilleur blindage, qui puisse résister au choc d'une puissante artillerie. L'utilité des forts étant donc admise, il nous reste à étudier le moyen de résister à l'écrasement produit par le choc d'une artillerie aussi terrible que celle dont la cible du *Warrior* a eu à essayer le feu.

« Pendant toute la durée des expériences de Shœburyness j'ai noté, avec le plus grand soin, les effets produits par les projectiles sur chacune des plaques de fer. Plu

sieurs variétés différant par la forme ou par la qualité du métal ont été essayées, et je dois avouer que les résultats sont encore loin d'être satisfaisants, surtout depuis l'apparition des grosses pièces de 300. Nos essais précédents avaient donné des résultats parfaitement concordants avec ceux des pièces de 40, 68, 100 et 126 livres; malheureusement aujourd'hui ils paraissent inutiles, et il ne nous reste plus qu'à les recommencer.

« Après avoir déterminé la loi de résistance à laquelle doivent satisfaire les plaques de blindage et les qualités indispensables que le fer employé dans ce cas doit posséder, on a dû se demander comment ces plaques seraient attachées aux flancs du navire. C'est là une question de grande importance sur laquelle les avis continuent à être partagés, les uns proscrivant complètement le bois, et les autres, qui sont probablement en majorité, en préconisant l'emploi comme doublage intérieur, à l'exemple du *Warrior* et du *Black-Prince*. Pour moi j'avoue me ranger parmi les premiers; l'expérience me porte à croire que l'emploi du fer sur fer résiste mieux au choc de l'artillerie que celui du fer sur bois, et je suis entièrement persuadé que les plaques doivent non-seulement être solidement fixées aux flancs ou en termes techniques à la coque du navire, mais encore en former partie intégrante et être disposées suivant un assemblage qui réalise les conditions de sécurité et de stabilité. »

M. Fairbairn parle, en dernier lieu, des expériences organisées par le Comité et du soin avec lequel elles ont été conduites. Il indique que les plaques dont on s'est servi étaient de provenances et d'épaisseurs diverses, et qu'elles ont été essayées à la fois au point de vue de leur résistance et de la qualité du métal. On les a placées dans plusieurs positions et sous différents angles et l'on venait de rencontrer des conditions de sécurité favorables, lorsqu'est arrivé le tir foudroyant de la pièce non rayée de 300 livres qui a tout balayé et a, par conséquent, détruit les calculs qu'on avait faits jusque-là. Mais l'auteur ne croit pas qu'on doive trop s'effrayer de ces résultats, et il a confiance dans la valeur du peuple anglais et dans la puissance des canons que MM. Armstrong et Whitworth lui ont donnés pour se défendre.

« Pour terminer, ajoute M. Fairbairn, comparons les effets produits sur deux cibles *Warrior*, l'une doublée de bois et l'autre toute en fer. La première supporta le feu nourri d'une pièce de siège avant qu'on ne fît donner le canon de 300, mais la seconde essuya un feu plus fort sans se détériorer autant malgré l'absence des rivets dans la première expérience. On ne peut cependant méconnaître que le doublage en bois n'ait l'avantage d'amortir, en quelque sorte, le choc des projectiles, mais c'est aux dépens de la plaque de fer, qui s'infléchit davantage et s'enfonce dans le bois incapable de présenter de la résistance. En outre, l'interposition du bois entre les plaques et le navire rend l'assemblage difficile et ne permet pas d'employer de longs rivets de manière à consolider le bâtiment; dès lors l'armure ne faisant pas corps avec la coque est comme un poids mort suspendu à chacun de ses flancs et qui tend constamment à en produire la rupture. Au contraire, l'emploi du fer sur fer donne des résultats bien différents; s'il est convenablement assemblé au vaisseau, le blindage

constituera sa force et sa sécurité, et, malgré l'augmentation des vibrations que produira le choc des gros projectiles, on pourra mieux compter sur l'invulnérabilité des plaques et sur la résistance qu'elles seront capables d'offrir aux boulets ennemis.

« Ces remarques une fois faites, mon intention n'est pas de chercher, quand même, à soutenir mon opinion là où elle n'est pas soutenable, et je dois reconnaître, en toute justice, qu'avec l'emploi exclusif du fer il y a une source de danger qui peut provenir du choc de plusieurs gros projectiles ou du feu bien concentré de l'artillerie, auquel cas il peut arriver non-seulement que les plaques soient perforées, mais que la membrure du navire ait à en souffrir. C'est là précisément ce qui s'est passé pendant la dernière expérience de tir sur ma propre cible ; sur les six coups d'une salve, quatre ayant été concentrés sur un même point qui n'avait pas plus de 14 pouces de diamètre, les plaques ont été perforées et une partie du bâti qui se trouvait derrière a été emportée. Le même résultat aurait pu se produire sur la cible *Warrior*, car, assurément, un doublage en bois de 9 pouces est de bien peu de valeur lorsqu'il s'agit d'essayer le feu bien nourri d'une puissante batterie d'artillerie.

« Quoi qu'il en soit, j'ai toute confiance, je le répète, dans l'habileté et l'énergie du peuple anglais pour marcher à la tête du progrès, et j'ai l'espoir qu'il s'écoulera peu d'années avant que la Grande-Bretagne ne soit en possession d'une flotte en fer qui lui assure, comme par le passé, sa suprématie sur les mers. »

Depuis la lecture de ce mémoire, de nouvelles expériences ont été faites sur la cible *Warrior* avec la pièce de 300 non rayée, en sorte que l'auteur, modifiant quelque peu son opinion, a cru devoir ajouter la note suivante :

« De ces expériences, dit M. Fairbairn, il résulte qu'il ne serait pas prudent de supprimer l'emploi d'un doublage en bois interposé entre le blindage de fer et la coque du navire. Cette interposition d'une matière compressible, au lieu de la superposition du fer sur fer, semblerait nécessaire pour amortir les chocs et retenir les fragments de projectiles et de plaques brisées qui se logeraient dans le bois, comme cela est arrivé dans les expériences où la surface de la cible n'a pas été perforée, mais seulement fendue. On ne saurait donc méconnaître que l'expérience faite sur la cible doublée de bois est meilleure que celle qui concerne la cible doublée de fer et, quels que soient les motifs qui militent en faveur d'un mode de construction qui réalise les conditions de résistance que doit posséder un navire, il est évident qu'au point de vue de sa sécurité et de celle de l'équipage ce navire sera moins exposé pendant un combat, si au lieu d'être tout en fer il est muni d'un doublage en bois. En résumé, dans l'état actuel de nos connaissances, on peut dire que, si l'emploi du bois tend à diminuer l'effet produit par le choc des projectiles, en revanche il n'est pas favorable à la résistance du navire.

(M.)

CÉRAMIQUE.

SUR LA FABRICATION DU GRÈS, PAR M. EDWIN GODARD.

La poterie de grès est définie de la manière suivante par le catalogue officiel de l'exposition universelle de 1851 : « On désigne sous le nom de grès une matière lourde, vitrifiée, inattaquable par les acides, et d'une dureté remarquable ; cette variété de poterie diffère de toutes les autres par cette particularité importante que la glaçure est fournie par la matière elle-même, le tout étant soumis à une fusion simultanée. » Cette définition est assez vague, et, quoique destinée à caractériser les objets fabriqués à Londres, elle peut également bien s'appliquer à un grand nombre des produits du Staffordshire et d'autres districts manufacturiers. Cependant, comme je désire ne m'occuper ici que de la fabrication du grès telle qu'elle est pratiquée à Lambeth, c'est-à-dire dans le centre le plus important de cette production, j'emploierai l'appellation de grès (*stoneware*) dans son acception la plus large, et je considérerai cette matière comme une pierre (*stone*), comme un corps vitrifié, dont la surface est recouverte d'une glaçure obtenue par la projection d'une certaine quantité de sel dans le four porté à une température convenable. Dans cette opération, et sous l'influence de la chaleur, le sel se vaporise et le vernis superficiel se produit par la combinaison du sodium qu'il renferme avec une partie de la silice qui entre dans la constitution de la poterie.

Sans doute, la poterie, en général, est aussi vieille que la terre dont elle est faite, mais je ne saurais dire si le grès remonte à une date aussi éloignée..... Il ne m'a pas été possible non plus de déterminer, avec exactitude, l'époque à laquelle la fabrication du grès prit naissance à Lambeth. Il est certain, cependant, qu'en remontant au delà de trois générations on trouve encore le petit commerce de cette localité consistant en une sorte de poterie désignée sous le nom de *Delftware*. Dès 1570, nous y trouvons des potiers qui demandent protection. Stowe, dans son *Histoire de Londres*, s'exprime à leur sujet de la manière suivante : « Vers l'année 1567, Jasper Andries et Jacob Janson, potiers, quittèrent Anvers, fuyant les persécutions, et s'établirent en Norwége, où, continuant leur industrie, ils fabriquèrent des carreaux de pavage et des vases de pharmacie. En 1570, ils se retirèrent à Londres, et adressèrent à la reine Élisabeth une pétition où il est dit que les premiers ils ont créé et exercé cette industrie dans le royaume, et qu'avant de réunir les divers éléments qu'elle exige ils ont éprouvé de grandes difficultés.

En 1688, deux frères du nom d'Elers vinrent de Nuremberg s'établir dans le Staffordshire qui devint alors le centre de la fabrication. Ils y restèrent vingt ans, exerçant leur profession dans le plus grand secret, et se soumettant à des précautions infinies dans la crainte de voir celui-ci divulgué. Mais malgré les hautes murailles dont ils avaient entouré leur établissement, malgré le soin qu'ils avaient pris de n'em-

ployer au travail que des idiots, ils ne purent réussir à sauvegarder leur secret, et, vers 1710, le dégoût les chassant du Staffordshire, ils vinrent s'établir à Lambeth ou à Chelsea. Quelques auteurs assurent que leur départ fut la conséquence des persécutions que leur faisaient subir les populations environnantes à cause de l'énorme volume de fumée dégagé par leurs fourneaux. S'il en était ainsi, il faudrait en conclure que les habitants de Lambeth étaient, à cette époque, plus indulgents qu'aujourd'hui..... C'est aux frères Elers qu'est due l'introduction de la glaçure au sel. Combien de temps pratiquèrent-ils leur industrie; en furent-ils les fondateurs ou faut-il faire remonter cet honneur à ceux qui les avaient précédés, Andries et Janson, c'est ce qu'il m'a été impossible d'éclaircir jusqu'ici. Mais il suffit de remonter de quarante ans en arrière pour voir combien a été rapide le développement du commerce qui nous occupe.

Il y a quarante ans, l'industrie n'avait pas encore trouvé dans la vapeur l'aide puissante qu'elle devait lui prêter; les transports de toute sorte étaient lents et dispendieux, et devaient, par suite, réagir sur un article de prix aussi bas que le grès; la matière première était moins facile à obtenir; le sel, si important pour le potier de grès, était soumis à un impôt exorbitant et coûtant par tonne plus de livres qu'il ne coûte aujourd'hui de shillings; une taxe frappait les objets fabriqués de certaines dimensions, et la liberté du commerce était encore inconnue. En présence de toutes ces difficultés, il n'y a certes pas lieu de s'étonner si le commerce du grès était limité et ne pouvait prendre l'extension désirable. Des potiers de Lambeth étaient alors au nombre de six ou sept; seize fours environ de 7 à 8 pieds de diamètre (2^m,10 à 2^m,40) suffisaient à leurs travaux, et le rendement de chacun de ces fours ne s'élevait pas à moins de 20 livres sterling (500 fr.). Les principaux articles qui y étaient fabriqués consistaient en pots à cirage, bouteilles pour limonades (on en fabrique encore une très-grande quantité), bouteilles à porter et à cidre (la fabrication en a depuis beaucoup diminué), bouteilles pour bière légère (*spruce beer*) démodées aujourd'hui comme la boisson qu'elles renfermaient, bouteilles à encre (plus répandues encore aujourd'hui qu'à cette époque), jarres à huiles, pots à condiments, bouteilles pour la chasse, etc. Un seul individu possédait un four consacré à la fabrication des vaisseaux de chimie.

Bientôt cependant une énergie nouvelle se manifesta parmi les potiers, une concurrence active s'établit, et le grès fut reconnu propre à de nouvelles applications pour lesquelles jusqu'alors on n'avait point pensé à cette substance. Le commerce en reçut une forte impulsion et augmenta peu à peu, jusqu'au jour où l'administration des égouts (*Board of sewers*) reconnut les avantages des tuyaux de grès. La consommation considérable de ces tuyaux qui se produisit alors acheva bientôt ce qu'avait commencé l'énergie industrielle, et le commerce des poteries de grès se trouva rapidement élevé au niveau qu'il occupe aujourd'hui.

Dans l'espace de vingt-cinq ans, un grand nombre de perfectionnements mécaniques ont été apportés à la fabrication; parmi ceux-ci, je dois mentionner la substitution des tours automoteurs à courroie (*string wheels*) aux anciens tours à pédales (*kickers*), substitution qui permet à l'ouvrier de fabriquer un beaucoup plus grand

nombre d'objets et, par suite, abaisse le prix de revient des objets fabriqués. Une autre amélioration a été l'emploi des moules pour la fabrication des bouteilles à surface unie; autrefois ces bouteilles étaient façonnées sur le tour, et l'on donnait, à la main, la forme voulue à leurs parois; la supériorité des bouteilles moulées sur celles ainsi obtenues est facile à vérifier. En outre, l'emploi des moules permet de fabriquer des bouteilles d'une capacité constante, résultat impossible à atteindre par le façonnage à la main. L'introduction du tour en l'air dit *tour anglais* (*turning lathe*) remonte aussi à cette époque; au moyen de cet engin, il est facile de donner aux objets fabriqués un fini considérable, en les ébauchant en argile molle, pour les terminer sur le tour, comme l'on agirait pour un morceau de bois. On peut ainsi obtenir des reliefs très-fins, et entourer l'objet d'ornements circulaires d'une grande netteté et d'une grande précision.

Parmi les nouveaux objets dus à la fabrication du grès, il faut signaler les filtres de fontaines dont la nécessité n'est pas encore bien comprise de tous et dont, cependant, on produit déjà des quantités surprenantes. La vulgarisation de ces appareils, si simples et si utiles, est due principalement à M. Georges Robins. Pendant un certain temps, les grands fours de MM. Stephen Green, Doulton et Watt ne pouvaient suffire aux demandes de la consommation, et la production de ces filtres est encore considérable dans les usines de Lambeth qui, chaque année, en exploitent une grande quantité.

L'argile la plus convenable pour la fabrication du grès provient du Devonshire et du Dorsetshire; récemment un banc de même nature a été découvert à Farnham, dans le Surrey, mais c'est principalement des deux contrées que nous venons de citer que provient cette matière première. On expédie aussi du Cornouailles une petite proportion d'argile préparée qui, plus spécialement destinée à la fabrication de la porcelaine, est, cependant, aussi employée à Lambeth dans une certaine proportion. Les meilleures qualités d'argile se rencontrent à des profondeurs qui varient de 20 à 50 pieds (6 à 15 mètres) au-dessous du sol. Après avoir traversé une couche de terrain remaniée dont l'épaisseur varie de 10 à 40 pieds (3 à 12 mètres), on atteint un lit d'argile très-alumineuse, mesurant environ 3 pieds d'épaisseur (0^m,90) et désigné sous le nom *tough tom*; au-dessous, se rencontre une couche d'argile épaisse de 4 à 5 pieds (1^m, 20 à 1^m,50), et très-avantageuse pour la confection des poteries communes; à cette variété d'argile succède un lit de 4 ou 5 pieds d'argile *domestique* très-employée dans le nord de l'Angleterre pour blanchir les escaliers de pierre, et enfin on arrive à la couche d'argile convenable pour la fabrication du grès, et qui mesure environ 10 à 16 pieds d'épaisseur (3 à 4^m,80). Au-dessous de celle-ci se rencontre la couche d'argile qui, il y a quarante-cinq ans à peu près, servait spécialement à la confection des tuyaux de pipe, et à laquelle les travaux entrepris par M. Stephen Green, à la suggestion de M. Duggan, propriétaire de l'argile à grès de Londres, ont fait substituer les belles argiles blanches qu'on emploie aujourd'hui d'une manière exclusive.

Pour extraire l'argile, on creuse un puits rectangulaire, que l'on prolonge jusqu'à ce qu'on ait atteint la couche que l'on veut exploiter; des étais et des charpentes

croisées garantissent contre les éboulements des parois. L'argile est coupée en pains rectangulaires pesant chacun 30 livres environ ($13^k,50$) ; ceux-ci, après avoir séjourné quelque temps sous des hangars où ils se débarrassent de l'excès d'humidité qu'ils renferment, sont conduits à Londres par bateaux, puis emmagasinés de nouveau sous des hangars ouverts dont le plancher recouvre des carnaux où circule la chaleur ; quelquefois même, ils sont disposés auprès des fours ou dans toute autre place où la chaleur perdue de ceux-ci puisse les atteindre ; de cette manière, on accélère leur dessiccation. Lorsque les pains sont devenus suffisamment durs et compactes, ou, suivant l'expression technique, lorsqu'ils ont atteint le blanc dur (*white hard*), on les soumet à l'action d'une meule qui réduit l'argile en poudre grossière ; c'est à ce moment que l'on opère le mélange de différentes terres suivant la nature du produit que l'on veut fabriquer. Ces mélanges varient avec chaque potier ; mais, en parlant d'une manière générale, on peut dire que les petits vases, ceux dont la contenance ne dépasse pas 2 quarts ($2\text{ litres }1/4$ environ), sont uniquement composés d'argile blanche, tandis que dans les vases de plus grandes dimensions on augmente les proportions d'argile forte, de sable, de ciment, etc., ou de toutes autres substances capables de donner aux pièces de la solidité, de les empêcher de fondre pendant la cuisson, de se craqueler pendant le refroidissement, etc. Les vaisseaux de chimie qui ont à subir l'action des acides et des alcalis, qui sont exposés à des échauffements et des refroidissements subits, nécessitent plus que tout autre genre de produits un mélange soigné et complexe. L'argile pulvérisée est alors prête pour le pétrissage. Jusqu'à ces derniers temps, pour accomplir cette opération, on mouillait l'argile sur le plancher tout comme le maçon opère pour la chaux et le sable dont il veut faire son mortier ; la pâte étant ensuite marchée avec les pieds nus jusqu'à ce que toutes les molécules en fussent bien soudées les unes aux autres ; cela fait, on l'abandonnait à elle-même en tas, afin qu'elle se reposât, s'amollît et devînt enfin une masse d'homogénéité parfaite. Cette méthode est encore en usage dans tous les cas où le fabricant n'a pas à se préoccuper du temps qu'exigent les opérations. Mais elle devient impraticable en face d'une grande consommation ; aussi ce pétrissage est-il le plus souvent effectué au moyen de machines ; les différents modèles dont l'emploi nous est connu ne diffèrent entre eux que par quelques points de détail, et nous nous contenterons d'en décrire un qui fonctionne admirablement.

Le malaxeur se compose d'un cylindre creux vertical en fer, mesurant environ 6 pieds de hauteur ($1^m,80$) sur 18 pouces ($0^m,450$) de diamètre ; dans ce cylindre qui est fixe, peut se mouvoir un arbre concentrique dressé verticalement au centre. Cet arbre est muni de lames grossières disposées de manière à représenter une vis d'Archimède brisée. En face de ces lames et sur la paroi intérieure du cylindre, se projettent des lames semblables. L'axe central étant mis en mouvement par une manivelle placée à l'extérieur, l'argile est jetée par le haut et additionnée d'une quantité d'eau déterminée avec soin ; puis elle est, par la disposition même des lames, poussée jusqu'à la partie inférieure du malaxeur. Dans sa marche descendante, elle se trouve ainsi

successivement découpée et pressée, et, lorsqu'elle arrive à la partie inférieure de l'appareil, elle se trouve dans un état d'agglomération tel qu'elle peut immédiatement passer au tour. Des grilles placées de distance en distance dans l'intérieur du cylindre rendent l'action plus parfaite, tandis que des ouvertures latérales permettent de réparer plus aisément l'appareil, si quelque accident vient à se produire.

L'argile est alors divisée en pains semblables aux pains primitifs, puis ceux-ci sont empilés et mis de côté, ou bien, si le service l'exige, réunis de suite aux différents ateliers de tourneurs et de mouleurs. Comme il est nécessaire que l'argile, lorsque l'ouvrier la reçoit, soit débarrassée de toute impureté, on la soumet encore à une sorte de dernier pétrissage désigné sous le nom de déchirage (*wedging*). Dans ce but, l'ouvrier, au moyen d'un fil de cuivre, coupe en deux parties le pain d'argile, enlève une moitié, puis la lance fortement sur la première moitié dans laquelle il la fait pénétrer comme un coin. De cette manière, on se débarrasse complètement des bulles d'air qui, si elles restaient dans la masse du vase fabriqué, ne manqueraient pas d'en amener la destruction par suite de leur dilatation sous l'action du feu. L'ouvrier reçoit alors un pain d'argile proportionnel à la grosseur de l'objet qu'il doit produire; il commence par l'écraser fortement sur son tour en le malaxant entre ses doigts; pour s'assurer de la disparition des dernières impuretés, il lui donne d'abord la forme d'une colonne creuse, puis celle d'un disque plat. Le tour de potier est connu de chacun; on peut le considérer comme un tour ordinaire dont le mandrin, au lieu d'être horizontal comme d'habitude, est disposé verticalement; il constitue ainsi une table animée d'un mouvement rotatoire, sur laquelle l'ouvrier modèle le vase qu'il veut produire. Suivant les dimensions de celui-ci, l'ouvrier active ou retarde la marche du tour, et rien n'est plus intéressant que de voir la facilité apparente avec laquelle il rend l'argile ferme sous sa main et obéissante à sa volonté. Aucune forme n'étonne une main expérimentée, mais il faut des années de travail assidu pour en venir à ce point. On peut se rendre compte aisément du degré d'habileté auquel parviennent certains ouvriers dans cette branche d'industrie, en considérant qu'un seul homme peut fabriquer 160 bouteilles à limonade en une heure, c'est-à-dire environ 3 par minute, en partant de blocs informes d'argile, et que chacune de ces bouteilles doit avoir donné lieu à une application de l'ouvrier qui s'est préoccupé successivement de sa hauteur, de l'épaisseur de ses parois et de sa capacité intérieure.

Après avoir été façonnés de cette manière, la plupart des articles de petites dimensions sont, en général, suffisamment travaillés pour pouvoir être, après dessiccation, soumis au glaçage et à la cuisson, mais quelques-uns doivent recevoir, sur un tour proprement dit, un dernier façonnage qui leur donne une surface plus soignée. La valeur économique des vases dépend, en grande partie, du temps accordé à leur dessiccation et des soins que l'on prend pour ne point trop la hâter.

Lorsqu'il s'agit de vaisseaux de chimie qui doivent être soumis à des changements brusques de température, il est nécessaire que la dessiccation soit aussi lente que possible, afin d'éviter toute contraction irrégulière. On a dit souvent que les agents

mécaniques, si puissants dans mille autres industries, pourraient être avantageusement substitués au travail manuel que le potier accomplit sur son tour; mais l'emploi de ces agents rencontrera toujours un obstacle insurmontable par l'impossibilité où ils se trouvent d'écraser la pâte avec autant de perfection que peuvent le faire les mains de l'ouvrier. Cette difficulté se présente surtout lorsqu'il s'agit de la confection de vases de grandes dimensions, tels, par exemple, que celui que je comptais mettre aujourd'hui sous les yeux de la Société et qui, ne mesurant pas moins de 300 gallons (1,363 litres environ), s'est trouvé trop large pour pouvoir pénétrer dans la salle de nos séances. Il est nécessaire, pour obtenir de semblables vases, d'opérer par lits successifs, de manière à laisser se raffermir chacun d'eux avant de le recouvrir par le suivant; dans le cas spécial du vase dont je viens de parler, l'ouvrier doit, à des intervalles de temps déterminés par le durcissement de la masse, appliquer l'une sur l'autre jusqu'à six couches différentes d'argile; or, si l'on songe que chaque lit doit subir un retrait, que ce retrait doit varier avec les dimensions du vase, et qu'enfin le retrait d'une des couches n'est pas exactement égal à celui des autres, on comprendra aisément qu'un semblable résultat ne puisse être obtenu que par des soins incompatibles avec les préparations mécaniques.

Au commencement de ce mémoire, je disais que mes observations s'appliqueraient principalement, sinon exclusivement au grès, c'est-à-dire à la poterie vernie par la vaporisation du sel. Cependant, jusqu'à ces derniers temps, la mode a forcé les manufacturiers de Lambeth à donner à leurs produits de grès un aspect différent celui d'une poterie réellement vernie. Cette variété, désignée sous le nom de *double couverte* (*double glaze*) parce qu'en effet elle possède à l'intérieur une couverte différente de celle qui revêt la surface, se présente avec une couleur uniforme que ne donne pas le vernis au sel; celui-ci, qui fait corps avec l'objet lui-même, donne, il est vrai, une solidité plus grande, mais la double couverte communique à la poterie un aspect plus agréable. On l'applique par immersion, en prolongeant le vase dans une composition formée de verre pulvérisé, de pierre du Cornouailles et d'autres ingrédients fusibles à une haute température. Ce procédé n'est pas applicable aux vases de grandes dimensions, et le vernis ainsi obtenu ne résiste pas à l'action des acides. D'ailleurs la température nécessaire pour vérifier ces produits est la même qui est nécessaire pour réussir le vernis au sel par la projection de cette matière dans le four.

On emploie à Lambeth trois sortes de fours : le four Staffordshire ou *slab kiln*, le *saggar kiln*, et le four perfectionné. Le premier, lorsqu'on le regarde par la face antérieure, constitue une construction circulaire de 12 à 16 pieds de diamètre (3^m,60 à 4^m,80), avec un dôme aplati surmonté d'une cheminée conique. Il est fait de bonnes briques ordinaires. Les murs mesurent environ 3 pieds de diamètre (0^m,90), et sont intérieurement revêtus d'une chemise des meilleures briques réfractaires; le dôme est percé d'un certain nombre de trous qui servent au départ de la fumée ou à la projection du chlorure de sodium qui doit produire le vernis. Près de la base, sont disposées plusieurs ouvertures pour l'introduction du combustible; contre les parois, sont des

espèces d'armoires destinées à contenir les poteries de petites dimensions, et formées par des dalles d'argile; d'autres compartiments s'étendent d'une paroi à l'autre, et les grands objets, empilés les uns sur les autres au-dessus de ces compartiments, complètent la disposition. La porte par où l'encastage a eu lieu est murée par des briques, et le chauffeur allume ses feux. Chaque foyer est muni d'une cheminée qui conduit la flamme dans l'intérieur du four, mais le plancher de celui-ci porte également des trous qui en permettent l'introduction. En chargeant fréquemment les foyers, la chaleur augmente rapidement; après quarante ou quarante-huit heures de chauffe, elle atteint le blanc, et, lorsqu'elle approche de $1,900^{\circ}$ Fah. ($1,034^{\circ}$ cent.), le moment de mettre en couverte est arrivé. Cela fait, on cesse le feu, on arrête l'entrée de l'air, et le four met à se refroidir le même temps qu'il a mis à s'échauffer.

Le deuxième four est basé sur l'emploi de cazettes (*saggars*) ou caisses circulaires que l'on remplit des objets à cuire et que l'on empile les unes au-dessus des autres, le fond de chacune servant de couvercle à la caisse inférieure et le tout constituant ainsi une série de hautes colonnes; mais cette méthode n'est applicable qu'aux objets de petite dimension.

Le troisième four est une invention récente, brevetée par M. John Cliff, des poteries impériales à Lambeth. L'auteur s'est proposé 1° d'économiser l'espace, 2° d'économiser le combustible, 3° de brûler le plus complètement possible la fumée.

Pour économiser l'espace, on construit, en dedans du four, et à une certaine distance de son revêtement en briques réfractaires et à une distance de celui-ci variable suivant les circonstances, une deuxième enveloppe qui s'élève depuis le plancher jusqu'à la naissance de la voûte, de manière à laisser dans le four, supposé circulaire, un espace annulaire vide qui monte de sa base à son sommet; à la base de ce carneau circulaire, sont ménagés des orifices qui le mettent en communication avec une chambre placée sous le plancher du four. Ce plancher lui-même est percé, de distance en distance, de trous sur chacun desquels on dresse perpendiculairement un tuyau qui vient, au niveau même du carneau circulaire ou un peu au-dessous, se terminer par un pilier creux et un collier de dimensions plus grandes. La différence de dimensions des piliers et des colliers qui les embrassent permet de construire, au travers du four, des compartiments mobiles à telle hauteur que l'on désire, et d'utiliser ainsi une grande quantité d'espace perdue jusqu'ici. Le plancher du four et le couvercle de chaque colonne la ferment hermétiquement, de telle sorte que, pendant la cuisson, ni la flamme ni la fumée ne peuvent venir au contact des poteries. D'un autre côté, il suffit d'enlever le compartiment placé en face de l'entrée du four, et quatre ou cinq dalles de chaque rangée de la colonne du milieu (en supposant le four circulaire) pour enfourner et défourner avec une facilité que l'on ne saurait avoir dans les fours ordinaires.

Pour brûler la fumée, l'air froid s'introduit en avant et au-dessous de l'arche de chaque alandier. La fumée, en passant dans le carneau circulaire et dans les piliers creux, subit une division plus grande qu'à l'ordinaire, et, rencontrant une surface chauffée beaucoup plus considérable, se consume plus complètement. Sa combustion

s'achève dans le dôme, qu'une voûte sépare du four, au moyen de l'air atmosphérique qui pénètre par des orifices spéciaux ménagés à la base de celui-ci.

Un four de cette sorte, mesurant 14 pieds de diamètre (4^m,20), peut cuire à la fois une valeur de 100 livres sterling (2,500 fr.) en consommant environ 12 tonnes de charbon; un seul ouvrier, avec quatre gamins comme aides, suffit à enfourner, cuire et défourner une fois par semaine, sans que la perte en objets brisés dépasse 9 pour 100.

L'état actuel de l'industrie de Lambeth, lorsqu'on le compare à celui dont je parlais en commençant, présente des résultats satisfaisants. Au lieu de seize fours cuisant chacun pour une valeur de 20 livres sterling (500 fr.), on en compte, aujourd'hui, 70 cuisant chacun pour une valeur de 50 livres sterling (1,250 fr.). Ces fours consomment environ 20,000 tonnes de charbon et payent une taxe de corporation qui s'élève annuellement à 2,100 livres sterling (62,500 fr.). Les règlements exigent que ce combustible soit brûlé sans que la fumée se répande au dehors, et l'on peut dire qu'après de longs et laborieux efforts ce résultat difficile a été obtenu; 23,000 tonnes d'argile sont, chaque année, transformées en articles utiles, et leur manipulation n'occupe pas moins de 800 personnes. Enfin le gain réalisé, chaque année, par les potiers de Lambeth ne saurait être évalué à moins de 140,000 livres sterling (3,500,000 fr.) par an. (*Journal of the Society of arts.*) (G.)

CHIMIE AGRICOLE.

SUR QUELQUES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES SOLS ARABLES ET SUR LA PUISSANCE DE PRODUCTION DES DIFFÉRENTS SOLS DE L'ANGLETERRE, PAR M. LE DOCTEUR AUGUSTUS VOELCKER,

Chimiste consultant de la Société royale d'agriculture (1).

Dans tous les sols fertiles on trouve une quantité plus ou moins grande de matières inorganiques toutes constituées, telles que de l'ammoniaque, de la potasse, de la soude, de la chaux, de la magnésie, des oxydes de fer, du chlore, et des acides nitrique, phosphorique, sulfurique et silicique, en un mot toutes les matières minérales que l'analyse constate dans les cendres des plantes. Or il n'est pas besoin de faire remarquer que la présence de ces matières, loin d'être purement accidentelle, est au contraire essentiellement nécessaire à la végétation, et que sans leur concours aucune plante ne saurait se développer convenablement et arriver à maturité. En fait, on peut dire qu'elles sont toutes d'une égale importance, et que l'absence ou l'insuffisance de l'une

(1) Extrait d'un mémoire lu par l'auteur à l'Institut royal de la Grande-Bretagne.

d'elles ne peut que nuire au développement de l'organisme végétal ; c'est là un fait évident pour quiconque a quelque peu étudié le sujet.

Il est naturel de rattacher la puissance de production d'un sol à la proportion des cendres constitutives des plantes qu'il donne ; mais bien que, dans quelques cas, il puisse être improductif en raison de l'absence ou de l'insuffisance de la chaux, de la potasse, de l'acide phosphorique ou de toute autre substance minérale, ordinairement l'analyse chimique des terres ne fournit que peu ou point d'indication sur leur faculté de production relative.

Les combinaisons à l'état desquelles les éléments minéraux constitutifs des plantes existent dans le sol, l'uniformité ou l'inégalité de distribution de ces éléments à la surface, la composition et la condition physique du sous-sol, sa profondeur relative, la porosité de la terre, et surtout la puissance d'absorption et de conservation des agents de fertilisation qui lui sont appliqués à l'état brut, ainsi que le plus ou moins de facilité de modifier d'une infinité de façons ces agents, sont incontestablement des questions qui se lient de la manière la plus intime aux grandes variations que l'on constate dans les qualités agricoles des différents sols.

Avant l'apparition du remarquable ouvrage de Liebig, *Chemistry in its application to Agriculture* (la chimie dans ses applications à l'agriculture), la fertilité ou la stérilité d'un sol était généralement considérée comme dépendant entièrement de ses propriétés physiques et de la présence ou de l'absence de l'humus. Mais les opinions émises par le savant chimiste n'ayant pas tardé à renverser cette vieille théorie de l'humus, on tomba aussitôt dans l'extrême opposé et on se figura que la simple analyse d'un sol et celle des cendres des plantes suffisaient à elles seules pour indiquer immédiatement le moyen soit de rendre fertile une terre appauvrie ou de l'améliorer au moyen de certains engrais purement minéraux, soit de pouvoir y récolter toutes espèces de produits sans s'inquiéter si elle était naturellement plus ou moins propre à certaines cultures spéciales. Si cette exagération a produit des mécomptes, elle a eu du moins l'avantage de faire comprendre que les applications nouvelles de la chimie ne pouvaient être étudiées que par les hommes de science, et qu'il appartenait aux seuls agriculteurs éclairés de savoir en tirer profit.

Il y a une dizaine d'années environ que le professeur Way a ouvert une nouvelle voie à la chimie agricole, en entreprenant une série de recherches sur la puissance d'absorption que les différents sols présentent relativement aux engrais. L'idée lui en a été fournie par une observation de M. Thompson, de Kirby Hall (York), qui remarqua que les terres ont la propriété de séparer l'ammoniaque de ses solutions. Désirant expérimenter le fait, M. Way se convainquit de son exactitude, et il reconnut en outre que la potasse, la chaux, la magnésie et l'acide phosphorique sont absorbés par tous les sols en plus ou moins grande quantité. Mais ce n'était pas tout, et en poursuivant le cours de ses recherches il arriva à démontrer que les sols cultivés, non-seulement absorbent les alcalis et les acides à l'état libre, mais encore ont la propriété de séparer l'ammoniaque, la potasse, ainsi que d'autres bases de leurs combinaisons salines.

Cependant, M. Way n'ayant surtout opéré qu'avec des sels simples, on pouvait se demander si de ce qu'une terre arrosée, par exemple, avec du sulfate d'ammoniaque absorbe l'ammoniaque, il doit en résulter comme conséquence qu'elle doive présenter le même phénomène d'absorption lorsque, au lieu d'être à l'état isolé, le sel d'ammoniaque qu'on lui livre est mélangé avec une foule d'autres substances. Pour résoudre cette question, dit l'auteur, j'ai entrepris, avec différents liquides composés, des essais dont plusieurs ont déjà paru dans le *Journal de la Société royale d'agriculture*. Or ces essais, ainsi que ceux que j'ai faits postérieurement, ont prouvé que tous les sols ont la propriété non-seulement d'absorber la potasse, l'ammoniaque, l'acide phosphorique, l'acide silicique, etc., mais encore de modifier d'une infinité de manières la composition des liqueurs salines composées qu'on répand sur eux. Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus par filtration d'un même engrais liquide à travers deux sols de natures entièrement différentes.

Composition de l'engrais liquide avant et après filtration à travers deux espèces de terres des environs de Cirencester.

UN GALON IMPÉRIAL (soit 4lit.,54) renferme :		N° 1.		N° 2.	
		SOL ARGILO-CALCAIRE.		SOL STÉRILE composé, en majeure partie, de sable ferrugineux.	
		Après filtration.	Perte ou gain.	Après filtration.	Perte ou gain.
Matières inorganiques.	Eau et substances ammoniacales volatiles.	69,888,14	69,886,60	69,894,25	+ 6,11
	Matières organiques.....	20,59	34,77	25,06	+ 4,47
	Silice soluble.....	2,34	0,70	5,10	+ 2,76
	Oxyde de fer.....	»	2,55	2,07	+ 2,07
	Chaux.....	11,48	22,42	8,03	— 3,45
	Magnésie.....	2,87	1,17	0,74	— 2,13
	Potasse.....	16,92	3,40	12,01	— 4,91
	Chlorure de potassium.....	2,74	»	»	— 2,74
	Chlorure de sodium.....	40,35	33,31	39,25	— 1,10
	Acide phosphorique.....	4,83	0,60	1,92	— 2,91
	Acide sulfurique.....	3,94	2,88	3,67	— 0,27
	Acide carbonique et perte.....	5,90	11,60	7,90	+ 2,10

Les faits les plus saillants qui ressortent de ce tableau sont :

- 1° Que le sol n° 1 a absorbé six fois autant d'ammoniaque que le sol n° 2 ;
- 2° Que l'engrais liquide en contact avec le sol n° 1 est devenu beaucoup plus riche en chaux, tandis qu'il est devenu plus pauvre après son passage à travers le sol n° 2 ;
- 3° Que le sol n° 1 a retenu beaucoup plus de potasse que le sol n° 2 ;

4° Que le chlorure de sodium, conformément aux observations d'autres chimistes, n'a été absorbé dans aucun des deux cas en quantité importante ;

5° Que les deux espèces de sol ont gardé la majeure partie de l'acide phosphorique ;

6° Que le liquide, en passant à travers le sol n° 1, a perdu une partie de la silice soluble, tandis qu'il en a acquis dans le second cas.

Cette propriété des sols d'emprunter aux matières fertilisantes tout ce qui est nécessaire à l'alimentation des plantes n'est pas spéciale à tel ou tel engrais, mais elle se manifeste à l'égard de tous et d'une manière qui varie suivant la nature du terrain. Dans ces expériences comme dans toutes celles que j'ai faites depuis, l'ammoniaque, la potasse, l'acide phosphorique et toutes les autres substances fertilisantes contenues dans des solutions n'ont jamais été complètement absorbés, quelque faibles ou concentrées qu'aient été ces solutions.

A vrai dire, lorsqu'une solution de matières salines est mise en contact avec le sol dans un état de dilution trop-grand, c'est à peine s'il y a absorption d'ammoniaque, de potasse ou d'acide phosphorique. C'est là ce qui se passe ordinairement avec le produit des égouts des villes lorsqu'il est mis directement en contact avec le sol, quelle que soit la puissance d'absorption de celui-ci.

En revanche, toutes les matières salines solubles, quelque utiles ou nécessaires qu'elles puissent être, nuisent plutôt à la rapidité de croissance des plantes lorsqu'elles sont fournies aux racines d'une manière trop abondante ou en solutions trop concentrées. Une des fonctions du sol semble être de transformer tels composés d'une solubilité immédiate, et de les amener à un état de solubilité juste suffisante pour fournir aux plantes la quantité de substance minérale qu'elles réclament pour leur développement. Cette remarquable propriété a pour effet, non-seulement d'empêcher les pertes de matières fertilisantes que les grosses pluies pourraient occasionner, mais encore de remédier en grande partie aux inconvénients provenant d'une application mal entendue d'agents de fertilisation trop concentrés.

La faculté qu'ont les terres de transformer les engrais dépend beaucoup de la composition chimique qu'elles présentent, de l'état de concentration des liquides qu'on leur livre et de la proportion des matières fertilisantes solubles qui pénètrent la région où se trouvent les racines des plantes ; il suit de là que l'effet qu'un même engrais est capable de produire varie considérablement avec la nature du sol, et suivant l'état sec ou pluvieux de la saison.

La fonction du sol n'est pas seulement de fournir aux plantes l'aliment minéral qu'elles réclament ; elle consiste encore à amener cet aliment de l'état brut à l'état le plus convenable pour son assimilation ; à défendre la plante contre les inconvénients d'une trop grande accumulation de matières solubles à la surface du sol, tout en profitant d'un tel excès pour amasser en quelque sorte une réserve alimentaire ; à distribuer également cette réserve au milieu de la région qu'occupent les racines ; enfin à en modifier la nature de manière à l'approprier aux différents genres de récoltes,

appropriation qui doit nécessairement varier suivant le milieu dans lequel elle s'exerce.

Comment s'explique la propriété d'absorption des sols? C'est là une question sur laquelle les chimistes ne sont pas d'accord.

Liebig considère cette propriété comme analogue, sinon identique à la propriété physique que possède le charbon végétal d'absorber les matières colorantes.

De son côté M. Way croit devoir attribuer ce phénomène à la présence, dans le sol, de certains silicates doubles d'alumine. Ainsi, par exemple, le silicate double d'alumine et de soude, lorsqu'il est amené au contact de la chaux, s'en empare en abandonnant la soude pour former un double silicate d'alumine et de chaux qui, au contact de la magnésie, se transforme à son tour en silicate d'alumine et de magnésie; ce dernier est décomposé par un sel de potasse, et le silicate double d'alumine et de potasse l'est lui-même par un sel d'ammoniaque qui, en définitive, produit un silicate double d'alumine et d'ammoniaque.

Ces transformations successives indiquées par M. Way se vérifient en effet lorsqu'on répète ses expériences d'après les indications qu'il donne. Cependant je dois faire observer que, lorsqu'on prépare, d'après ce chimiste, une composition contenant de la silice, de l'alumine et de l'ammoniaque, et qu'on la mélange avec un excès d'une solution renfermant un sel de potasse, l'ammoniaque passe dans la solution tandis que la potasse est absorbée par la composition. Il en est de même lorsqu'il s'agit d'une composition de silice, d'alumine et de potasse, un excès d'une solution de chaux substitue celle-ci à la potasse.

Cependant, comme dans aucune expérience je n'ai pu constater qu'une base se substituât à une autre base en proportions équivalentes, comme la méthode de M. Way ne m'a jamais permis d'obtenir aucun silicate double d'une composition bien définie, et qu'il n'a jamais été démontré qu'il existât dans quelque sol aucun composé de cette nature, il me semble possible d'expliquer d'une autre manière les phénomènes qui se produisent lorsque de la potasse, de l'ammoniaque ou d'autres agents fertilisants viennent à se fixer dans le sol.

Ainsi, par exemple, l'absorption des phosphates solubles ne peut-elle s'expliquer par l'affinité qu'ont pour l'acide phosphorique le carbonate de chaux, l'oxyde de fer et l'alumine qu'on rencontre dans tout sol quelque peu fertile? Quant à l'absorption de la potasse et de l'ammoniaque, je suis très-porté à l'attribuer, pour une grande part, à l'influence des oxydes hydratés de fer et d'alumine, qui, lorsqu'ils sont mis en présence d'alcalis énergiques, se comportent comme de faibles acides et tendent à s'unir à ces alcalis dans toutes les circonstances favorables. L'explication de ces phénomènes semble donc reposer sur des lois chimiques, assez connues pour qu'on ne doive pas attribuer à des causes purement physiques les propriétés d'absorption que possèdent les terres. Ce n'est pas à dire, pour cela, que l'état physique ou mécanique d'un sol n'influe pas sur ses facultés productives; au contraire, il joue un rôle important qui consiste à favoriser plus ou moins les réactions chimiques dont nous venons de parler.

Liebig, comme tout bon fermier, donne une grande importance au travail mécanique de la terre. Il recommande spécialement ce qu'il appelle l'état *physique de combinaison* dans lequel les matières minérales doivent se trouver à la surface du sol pour qu'elles puissent être utiles à la plante. Or, quel que soit le sens qu'on attache à cette expression, qu'on admette que l'aliment minéral doive être présenté à la plante à l'état de solution, ou qu'on le suppose devoir agir sous quelque une des formes mystérieuses dont Liebig parle dans ses *Lois de culture* (Laws of husbandry), il est certain qu'il ne peut agir d'une manière utile s'il n'existe à la surface du sol sous une forme qui le rende assimilable. Mais, pour que cet aliment arrive à la surface, il est nécessaire que l'eau puisse filtrer librement à travers le sol, condition qui ne peut être remplie qu'au moyen du labour qui favorise la production des phénomènes de porosité et de capillarité. Alors, dès que le temps devient sec et que la température s'élève, dès que la végétation fait un premier mouvement, l'aliment minéral qui se trouve dans les couches inférieures du sol commence à opérer son ascension et continue à monter, en vertu de la capillarité, à mesure que l'humidité de la surface s'évapore. L'apparition de nitrates ou autres sels à l'état d'efflorescences, pendant les temps de sécheresse, démontre clairement le jeu que nous venons d'expliquer. D'après cela, on comprend pourquoi une terre épuisée à la surface reste improductive, quoique renfermant, à une certaine profondeur, des richesses minérales, lorsqu'elle repose sur un sous-sol imperméable non drainé; pourquoi l'hivernage ne suffit pas à restaurer la terre qui a produit, si on ne lui donne plusieurs labours pour développer sa porosité; pourquoi enfin, dans un sol argileux bien cultivé, la végétation est plus riche lorsque les intervalles d'humidité et de sécheresse ne sont ni trop courts ni trop prolongés.

Examinons maintenant quels sont les différents sols de l'Angleterre. Nous y voyons deux natures extrêmes, celle des terres sablonneuses, stériles, et celle des terres argileuses d'une grande fertilité. Entre ces deux termes on trouve toutes les variétés, qui s'en rapprochent plus ou moins par leurs défauts ou leurs qualités. Quelques sols, naturellement stériles, ont été beaucoup améliorés; la culture y a pris un développement considérable, grâce à l'énergie et à l'abondance des amendements, grâce à la création et au renouvellement des herbages consommés sur place par du bétail à l'engrais, grâce enfin à l'emploi des tourteaux et à la production sans cesse croissante du fumier de ferme. On est ainsi parvenu à leur faire produire d'abondantes récoltes de froment, d'orge et de racines; mais c'est à peine si l'on peut dire que leur faculté naturelle de production en a été augmentée, car, abandonnés à leurs propres forces, ils ne tarderaient pas à redevenir improductifs, si on ne leur rendait constamment tous les éléments de fertilisation que leur enlèvent les récoltes successives. Le système des grandes cultures, appliqué aux sols légèrement sablonneux, leur rend infiniment plus de matières minérales d'une grande valeur que ne leur en enlève le blé qui sort de la ferme.

Si nous considérons, d'un autre côté, les terrains riches en argile, nous remarquons qu'ils renferment souvent une proportion pour ainsi dire inépuisable de potasse,

d'acide phosphorique, de magnésie, de silice soluble, etc. Ceux-là, par conséquent, ne sauraient être épuisés par une succession de ces riches récoltes qui appauvrissent ordinairement le sol; la quantité de substances minérales qu'ils dépensent est insignifiante, en comparaison de celle qui constitue leur richesse et qui s'étend parfois sur une profondeur de 12 à 18 pouces ($0^m,30$ à $0^m,45$). Cependant le degré de fertilité ne dépend pas autant de la proportion d'aliment minéral contenue dans une profondeur donnée, que de celle qui existe à la surface dans des conditions favorables d'assimilation, c'est-à-dire, suivant l'expression de Liebig, à l'état physique de combinaison.

La culture par l'emploi des machines, l'emploi judicieux d'engrais ammoniacaux, la restitution des substances minérales qui, comme l'acide phosphorique, sont le plus rapidement enlevées à la surface du sol, et surtout la méthode des assolements, constituent la majorité des moyens employés pour rendre à la terre sa fertilité. Dans les sols légèrement sablonneux, et qui sont pauvres en potasse, en acide phosphorique et autres matières minérales, on doit éviter l'emploi des sels ammoniacaux ou du nitrate de soude, mais on pourra les appliquer avec grand avantage là où l'aliment minéral existera en abondance.

Il est incontestable que les sels ammoniacaux tendent à augmenter la solubilité des substances minérales et aident à leur diffusion dans le sol; cependant on ne saurait nier que ces sels n'aient sur les céréales une influence favorable qu'ils n'ont pas sur d'autres récoltes, telles, par exemple, que les fèves et les trèfles. Plusieurs séries d'expériences faites par MM. Lawes et Gilbert, sur de petites pièces de terreensemencées pour blé, leur ont démontré qu'en les alimentant continuellement avec des engrais minéraux les récoltes restaient à peu près stationnaires, tandis qu'elles augmentaient considérablement lorsque l'alimentation se faisait, une année, avec des sels ammoniacaux et, l'année suivante, avec des engrais minéraux; le même fait s'est reproduit en employant, chaque année, des sels ammoniacaux.

Quant à l'importance relative des différents agents de fertilisation, il est incontestable que l'ammoniaque ou les nitrates sont les substances les plus utiles dont le cultivateur puisse tirer profit et dont il doit se garder d'abuser, comme cela arrive quelquefois; mais, comme l'air atmosphérique, ainsi que les eaux de pluie en contiennent toujours une certaine quantité, comme il y a, dans tous les sols cultivés, des matières organiques azotées déjà toutes formées, qui, à mesure qu'elles se décomposent, fournissent de l'ammoniaque ou de l'acide nitrique et souvent tous les deux, il s'ensuit que l'emploi des nitrates ou des sels ammoniacaux n'est pas d'une importance aussi essentielle pour le sol que celui des matières minérales qui lui font défaut. La magnésie, la chaux, la silice, l'acide sulfurique, le chlorure de sodium et même la potasse se rencontrent en plus ou moins grande quantité dans la plupart des terres; lorsque dans certains sols particuliers ces substances n'existent pas, on peut les y incorporer d'une manière économique sous la forme de marnes, d'argile calcinée ou de plâtre. Cependant aucune de ces substances minérales n'a autant de valeur que l'acide phosphorique, dont toutes les plantes sont avides et que la nature n'a distribué que d'une

manière parcimonieuse dans la plupart des terrains ; il en résulte que les récoltes, en privant le sol de l'acide phosphorique qui s'y trouvait, tendent bien plus à l'appauvrir qu'en lui enlevant tout autre élément constitutif des cendres des plantes. Heureusement, il est facile aujourd'hui de parer à cet inconvénient avec les gisements considérables de matières phosphatées qu'on a découverts dans plusieurs contrées du globe (1), et que l'industrie et le commerce ont su mettre à la disposition de l'agriculture.

Que le guano du Pérou vienne donc à s'épuiser, comme il en sera probablement ainsidans quelques années, et je ne doute pas que l'agriculture anglaise ne continue à prospérer, grâce au capital dont elle dispose, grâce à la diffusion constante de la science agricole, grâce surtout au concours de la vapeur dont les promesses ont déjà commencé à se réaliser. Du reste, la meilleure preuve qu'on puisse opposer à ceux qui prétendent que le sol anglais tend à s'épuiser, c'est que sa production a puissamment augmenté durant le demi-siècle qui vient de s'écouler, c'est que les pertes inévitables d'engrais auxquelles les contrées civilisées ont été jusqu'ici condamnées par les règles d'hygiène publique sont, pour ainsi dire, insignifiantes en présence des richesses minérales que renferment la majorité des sols.

(M.)

INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE.

PERFECTIONNEMENTS DANS LA FABRICATION DES TUYAUX EN FER ET EN LAITON,
PAR M. KESSELER, INGÉNIEUR D'USINES, A GREIFSWALD.

Tuyaux en fer.

Les tuyaux en fer constituent une branche d'industrie qui n'a pris encore aucun développement notable en Allemagne. Les demandes immenses de l'industrie sont maintenant presque entièrement remplies par l'Angleterre, où l'on compte, surtout dans le voisinage de Birmingham, des manufactures nombreuses destinées à la fabrication de cet article, principalement pour l'exportation. Ces tuyaux non-seulement sont employés pour la construction des chaudières de locomotives, mais encore, et en très-grande quantité, pour les conduites de gaz et pour d'autres usages. La liste des patentes qui ont été prises en Angleterre pour cet objet est si étendue, qu'elle suffi-

(1) On sait que l'agriculture anglaise emploie, dans ses amendements, beaucoup de phosphates dont les principaux sont des cendres d'os (*bone-ash*) de l'Amérique du Sud, des coprolithes des comtés de Cambridge et de Suffolk, des apatites (chaux phosphatée naturelle) de Norwège, des phosphorites (espèce d'apatite) de l'Estramadure, du guano minéral des îles Monk, Jarvis, Baker situées dans la mer des Antilles, etc.

rait pour remplir plusieurs pages, ce qui prouve combien les hommes de la profession considèrent comme encore insuffisants les procédés connus.

Ces procédés n'ont entre eux de similitude que sur un seul point, l'emploi d'une bande de fer de dimensions convenables, pliée en tube et soudée. Toutes les différences ne portent que sur les moyens d'opérer la soudure, soit à plat-joint, soit à recouvrement. M. Russel, possesseur de la patente pour la soudure à recouvrement, qui néanmoins n'est utile que pour les tuyaux d'assez forte dimension, a réalisé un progrès marqué, parce que ses tuyaux, comparés à ceux qui ne sont soudés qu'à plat-joint, ne s'écrasent pas aussi facilement.

Afin de faire mieux apprécier les perfectionnements qu'il propose, l'auteur donne les explications générales suivantes sur les méthodes adoptées en Angleterre.

Les bandes ou maquettes en fer, de dimensions convenables, sont portées dans un four à réchauffer, au sortir duquel on les fait passer dans des appareils d'étirage qui leur donnent la forme de tuyaux. Cependant, pour les fortes dimensions, il faut recourir à des machines d'une construction spéciale et différente.

La manipulation qui vient ensuite est la soudure du joint. On chauffe les tuyaux ébauchés dans des fours suffisamment longs, à la tête desquels se trouve une porte de travail, correspondant à un banc d'étirage dont la chaîne sans fin est tenue constamment en mouvement par une machine à vapeur. La tenaille est disposée de manière à saisir chaque tuyau dès qu'il est parvenu à la chaleur soudante, et à le faire passer dans la filière. Il est donc nécessaire que, dans toute sa longueur qui approche de 6 mètres, le four donne une température parfaitement égale, et les hommes pratiques savent combien cette condition est difficile à remplir. Son inaccomplissement cause beaucoup de rebuts, parce que les tuyaux se brûlent sur un point avant d'être assez chauds dans le reste de leur étendue. On a donc cherché un autre moyen qui est préférable, bien qu'il présente encore des défauts. Les fours, dans ce cas, n'ont que la moitié de la longueur nécessaire, en sorte que l'on ne chauffe d'abord que la moitié du tuyau, et, au lieu de l'étirer dans une filière, on le fait passer entre des étampes qui le soudent par pression. Après cette première moitié, on exécute la seconde; mais on ne peut, par ce procédé, éviter de chauffer deux fois le milieu, qui est sujet à devenir défectueux. Cependant, considéré dans son ensemble, ce dernier procédé doit être préféré, parce qu'il facilite beaucoup le travail en permettant de disposer d'avance dans la tenaille la partie froide du tuyau et de ne pas perdre de temps pour saisir l'extrémité lorsque la pièce est chaude. Dès que les tuyaux sont soudés, on les redresse en les roulant entre des plaques de fonte rabotées, dont la supérieure reçoit de la machine un mouvement alternatif en avant et en arrière, tandis qu'un filet d'eau, en mouillant les plaques et le tuyau, détache de sa surface toutes les écailles d'oxyde.

Quant aux tubes dont le joint est à recouvrement, les bandes que l'on y destine sont façonnées en biseau sur leurs bords avant d'être roulées en cylindres. Le tuyau ébauché, lorsqu'il est parvenu à la température convenable, passe entre des cylindres et non dans un banc d'étirage, et contient un mandrin sur lequel les deux bords qui forment le joint en se superposant reçoivent la pression nécessaire. Les tuyaux de

petite dimension, ne pouvant admettre un semblable mandrin, sont toujours soudés à plat-joint.

Si l'on discute ces procédés, on peut les critiquer sur les trois points suivants :

1° La nécessité d'employer des bandes de fer préparées d'avance dans d'autres usines, et de mettre ainsi une discontinuité dans le travail ;

2° L'emploi de machines particulières qui font de la fabrication des tuyaux une branche d'industrie distincte de celle des usines à fer ;

3° La défectuosité des objets fabriqués qui, ayant tous un joint soudé, ne présentent pas toute la sûreté désirable, et sont sujets à s'aplatir quand on les plie.

Les améliorations introduites par l'auteur et patentées dans la plupart des pays où l'on cultive l'industrie métallurgique sont destinées à supprimer ces inconvénients, et à permettre de faire entrer la fabrication des tuyaux dans le roulement des usines à fer.

La matière employée est le fer brut fourni par les cylindres dégrossisseurs dans lesquels on passe les loupes de fer, après les avoir pressées, à leur sortie des fours à puddler. On se sert ainsi du fer brut pour épargner le combustible et les frais du second étirage, qui n'est pas nécessaire, puisqu'il est suppléé par le travail qui sert à ébaucher le tuyau. On lamine donc les barres de fer brut et on leur donne une forme courbe, en les amincissant, d'ailleurs, autant que possible ; on les coupe à la longueur convenable et l'on en forme des troussees creuses que l'on assemble avec du fil de fer ou des anneaux de tôle soudés. Chaque trousse se compose de deux couches superposées, de telle sorte que les joints de chacune soient couverts par les pleins de l'autre. On remplit de ces troussees un four à réchauffer de construction ordinaire, en les y disposant comme si l'on voulait fabriquer des barres de fer laminé. Lorsque la chaleur soudante est atteinte, on lamine chaque trousse sur un mandrin, entre deux cylindres à cannelures circulaires. La construction des mandrins permet de rendre l'étirage très-rapide, condition importante. Pour y parvenir, on établit derrière le train de cylindres lamineurs un butoir solidement amarré sur ce train et destiné à arrêter le mandrin. Cet outil est construit en acier fondu et reçoit un diamètre légèrement inférieur au diamètre intérieur du tuyau que l'on veut fabriquer. La tête du mandrin, destinée à donner la forme au creux du tuyau, est légèrement conique et se trouve un peu en arrière des cylindres ; elle se termine par un tourillon facile à placer ou à retirer, dont le diamètre est un peu moindre que celui de la tête et qui repose, avec du jeu, dans l'ouverture circulaire formée par les cannelures des deux cylindres. On enfle ce tourillon dans le tuyau que l'on veut laminer et l'on met en marche le laminoir. Dès que le passage est terminé, on soulève le tuyau et le mandrin un peu au-dessus du cylindre supérieur, on retire le tuyau en avant et on l'introduit dans le calibre suivant, où il trouve un mandrin semblable, disposé d'avance. On termine ainsi la pièce progressivement par un nombre suffisant de passages, en observant de faire décroître très-lentement le diamètre des cannelures, afin de ne pas rendre trop forte la pression sur les mandrins qui sont exposés à plier. Cet inconvénient exige même une autre méthode pour la fabrication des tuyaux d'un faible diamètre.

Dans ce cas, on opère absolument comme pour les barres de petit calibre, que l'on ne peut obtenir par un seul passage dans le laminoir, mais que l'on exécute d'abord d'un diamètre trop grand et que l'on coupe ensuite pour les réchauffer et les soumettre à un nouveau laminage. On prend donc des tuyaux dont l'épaisseur et le diamètre sont trop grands et qui ont été laminés sur mandrin. On les coupe de la longueur convenable et on les amène, comme on le ferait pour de petites barres, au diamètre que l'on désire, en les faisant réchauffer et en les passant manuellement, sans mandrin, dans un train de cylindres à cannelures rondes. Cependant, si l'on ne prenait aucune précaution, les tuyaux ne pourraient soutenir la pression et ne manqueraient pas de s'écraser. Pour y obvier, avant de les introduire dans le four à réchauffer, on les emplit d'une matière infusible dont les parties sont faciles à déplacer et à retirer après le laminage. Le quartz bien pulvérisé paraît être la substance qui convient le mieux. On ferme, d'ailleurs, les tuyaux avec des bouchons en fer, et l'on fait ensuite passer le tout dans le laminoir, après l'avoir suffisamment chauffé. Le premier passage soude les bouchons et l'on n'a plus à craindre que le quartz s'échappe; il se lamine au contraire, et s'allonge en même temps que le tuyau. L'épaisseur du fer des parois décroît dans le même rapport que le diamètre, mais la longueur du tuyau varie en raison inverse du carré du diamètre, ce qui permet de calculer les dimensions des tuyaux bruts que l'on doit employer pour obtenir des tuyaux terminés d'une mesure donnée. Pour redresser ces tuyaux après le laminage, on n'a pas besoin de machines spéciales et coûteuses, car il suffit de les battre comme du fer en barres, avec des maillets en bois qui, à cause de la présence du quartz dans l'intérieur, ne les écrasent pas. Après le refroidissement, on coupe dans des cisailles les extrémités pleines et l'on extrait le quartz, ce qui est très-facile, pourvu que l'on ait eu soin de le choisir réellement réfractaire.

Ce procédé, outre l'avantage d'employer du fer brut, présente celui de rendre facile, dans les usines à fer, la fabrication des tuyaux soudés qui, jusqu'à présent, sont l'objet d'une industrie particulière.

D'ailleurs les tuyaux ainsi obtenus sont réellement homogènes et ne laissent apercevoir aucune trace de la soudure, parce que, comme on le sait, le fer brut employé pour les troupes se soude mieux que le fer terminé, et que, dans le cas le plus défavorable, les défauts d'un joint ne peuvent s'étendre que jusqu'à la moitié de l'épaisseur du tuyau.

Les applications de cette méthode, commencées sous la direction de l'auteur, en Suède et en Autriche, ont pleinement démontré les avantages qu'elle présente pour la fabrication. La qualité des tuyaux obtenus n'a laissé rien à désirer, et l'on a pu les courber sur de très-petits rayons sans les aplatir. On y a introduit de force des mandrins coniques assez gros pour occasionner des déchirures dans le fer, mais on n'a vu céder aucun joint.

Ce système, d'après M. Kessler, est susceptible d'applications autres que la fabrication des tuyaux, et l'on pourrait s'en servir pour obtenir des fers creux remplis d'une matière étrangère. On sait quels avantages la forme tubulaire présente sous le

rapport de la solidité, et il est évident qu'il existe une infinité de cas dans lesquels on pourrait y recourir si le prix ne s'y opposait pas. L'auteur signale notamment l'établissement des poteaux des lignes télégraphiques et les rails des chemins de fer, pour lesquels il pense que l'introduction de son système pourrait présenter des avantages.

Tuyaux en laiton.

L'auteur, comme précédemment, commence par résumer les méthodes usitées jusqu'ici dans cette fabrication.

La plus ancienne est encore employée et consiste à souder dans des fourneaux d'une construction convenable les barres de laiton dont les bords ont été taillés en biseau par le moyen de machines spéciales.

M. Muntz, de Birmingham, a trouvé le moyen de fabriquer un laiton malléable à chaud et destiné au doublage des navires; il l'a aussi employé à la fabrication des tuyaux pour les chaudières des locomotives, dans la vue d'y éviter les soudures qui, depuis longtemps, sont justement considérées comme un grave défaut. Il fond des tuyaux dont la section est un rectangle à l'extérieur et un ovale aplati à l'intérieur. Après les avoir fait rougir, il les passe dans un laminoir et en forme de longues bandes de 0^m,006 à 0^m,007 d'épaisseur. Il a eu soin d'abord d'enduire l'intérieur d'une solution de sel marin, pour empêcher les deux surfaces de contracter de l'adhérence par la pression. Les bandes ainsi préparées constituent un véritable tuyau qui n'a plus besoin que d'être ouvert et arrondi par des appareils appropriés.

Quelque originale et ingénieuse que soit cette méthode, elle présente cependant le grand inconvénient que les deux bords de la bande de laiton souffrent de la pression des cylindres et subissent une altération qui, bien qu'invisible, ne rend pas moins ces tuyaux inférieurs à ceux qui sont bien soudés. On s'en aperçoit surtout lorsqu'on les forge pour les border.

On avait cru d'abord que, à cause de la forte proportion de zinc qu'ils contiennent, ces tuyaux en laiton malléable seraient moins durables que les autres; mais on est revenu de ce préjugé, l'expérience ayant précisément démontré le contraire.

Un autre procédé qui, depuis quelques années, a été adopté dans plusieurs usines importantes, en Prusse et en Autriche, est dû à un Belge, M. Godouard. Il consiste à fondre des tuyaux en laiton d'une épaisseur double ou triple de celle que l'on veut obtenir, mais du même diamètre à peu près, et à les étirer, à froid, dans une filière sur des mandrins fixes. Les tuyaux fondus sont massifs à une de leurs extrémités que l'on tient un peu conique, afin de pouvoir l'introduire facilement dans les trous de la filière. Sur cette extrémité massive, on visse solidement une forte agrafe en fer que l'on accroche à la chaîne du banc d'étirage. Il faut environ vingt passages après chacun desquels on fait recuire le tuyau jusqu'au rouge. Une circonstance heureuse favorise beaucoup le travail et permet d'employer toujours le même mandrin; c'est que la température élevée dilate tellement le laiton, que l'on peut en extraire sans peine le mandrin. Ce procédé donne de beaux produits, mais il soumet la ténacité du

laiton à une épreuve trop forte, et de plus il exige tant de puissance motrice, de combustible et de main-d'œuvre, qu'il laisse peu de bénéfice aux fabricants.

On a encore proposé, en Angleterre, d'autres moyens qui reviennent à étirer à froid les tuyaux sur des mandrins polis, entre des cylindres calibrés. Après chaque passage, on retire mécaniquement le mandrin du tuyau que l'on fait rougir de nouveau. Cette méthode est encore plus dispendieuse que la précédente.

Enfin on a imaginé de déposer galvaniquement du cuivre sur des cylindres en plomb; on lamine ensuite le tout et on fait fondre le plomb.

Les trois premières méthodes sont les seules qui aient été adoptées en grand pour la fabrication de tuyaux de locomotives. Celle de M. Godouard donne les produits les plus beaux, et celle de M. Muntz les plus économiques.

Il est hors de doute qu'en travaillant le laiton à chaud on peut diminuer de moitié les frais de la confection de ces tuyaux : M. Kessler propose donc d'y employer le laiton malléable à chaud, et d'opérer par les moyens qu'il a indiqués pour les tuyaux en fer. Lorsque les dimensions permettent d'employer des mandrins fixes, on obtient rapidement et économiquement de beaux produits, ainsi que l'ont suffisamment démontré ses essais. Quant aux tuyaux longs et minces, on peut les laminier après les avoir remplis d'une matière telle que le quartz. L'exécution est si facile, qu'il paraît à peine possible de la simplifier. Le point le plus embarrassant consiste ici à obtenir des pièces irréprochables en laiton fondu, inconvénient que présente également le procédé de M. Godouard, parce que tout défaut dans la coulée se retrouve dans les tuyaux terminés. Au reste, on ne peut douter qu'un fondeur habile, bien pourvu de tous les appareils nécessaires, ne réussisse à livrer de bons produits, surtout si l'on considère que l'opération doit être répétée des milliers de fois sur le même modèle.

Pour opérer selon la méthode de l'auteur, il faut donc fondre des tuyaux en laiton terminés à leurs deux extrémités par des hémisphères qui ne présentent que l'ouverture nécessaire pour l'extraction du noyau et la sortie de l'air. Après la destruction du noyau, on nettoie exactement l'intérieur et l'extérieur de la pièce de fonte; on la remplit de sable à mouler très-fin et bien foulé et on la ferme, à ses deux extrémités, par deux vis en fer plus solides que ne le seraient, à la température rouge, des vis en laiton. Le lamineur doit seulement veiller attentivement à empêcher que les tuyaux, en passant entre les cylindres, ne contractent pas de faux plis qui ne feraient que s'accroître pendant les passages suivants. Lorsque le tuyau est parvenu à la mesure demandée, on enlève une des extrémités, on vide le sable; on visse sur l'autre extrémité une agrafe et l'on fait passer le tuyau sur un mandrin, à travers une filière, pour en parer la surface extérieure. Cette méthode semble devoir donner des produits d'autant meilleurs que le métal (malléable à chaud) y éprouve, pendant qu'il est rouge, une forte pression qui augmente sa densité, et qu'il n'y souffre aucun traitement susceptible d'altérer sa ténacité. (*Dingler's polytechnisches Journal.*)

(V.)

NOTICES INDUSTRIELLES

EXTRAITES DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Situation de l'industrie des eaux gazeuses en France, par M. Barral.

— En 1822, il n'y avait encore à Paris que quatre ou cinq fabricants d'eaux gazeuses et 500,000 bouteilles suffisaient à la consommation. En 1840, on consommait 2 millions de bouteilles dans le département de la Seine; en 1851, il en fallait 5 millions. En 1861, la consommation s'est élevée à 20 millions de siphons et on comptait une centaine de fabricants; en même temps la production des départements n'a pas été de moins de 35 millions; c'est donc en tout 55 millions de siphons consommés annuellement en France.

Le prix de revient de chaque siphon est de 0 fr. 10; le prix de vente en gros, tant pour les siphons de limonade que pour ceux d'eau de Seltz, de 0 fr. 20; le débitant revendant au prix de 0 fr. 40, c'est donc une somme de 22 millions de francs consacrés à l'achat des eaux gazeuses, dont les trois quarts, soit 16 millions et demi, forment les bénéfices des fabricants et détaillants.

Pour avoir un tableau complet du mouvement des affaires auxquelles donne lieu cette industrie, il faut encore ajouter qu'annuellement on livre cent cinquante grands appareils de fabrication au prix de 1,800 fr. chacun, ce qui produit une dépense de 270,000 fr. ; plus 2 millions de vases siphoides à 2 fr. 50 pièce, ce qui fait 5 millions de francs.

Après la France, c'est l'Italie qui fait la plus grande consommation d'eaux gazeuses; viennent ensuite l'Espagne et l'Amérique méridionale, où l'acide carbonique dissous dans les boissons paraît agir favorablement contre les maladies spéciales qui ravagent ce pays. (*Extrait du rapport du jury international de l'Exposition universelle de 1862.*)

Extrait du livre de loch du Great Eastern. — Retour de New-York à Liverpool. Janvier 1863. — Depuis la relation que nous avons donnée de son second voyage à New-York (voir *Bulletin* de 1861, 2^e série, t. VIII, p. 371), le *Great Eastern* a continué d'une manière assez régulière à franchir l'Atlantique. Voici, relativement à l'une de ses récentes traversées, un extrait du livre de loch, signé de l'ingénieur en chef, M. J. Rorison :

DATE de chaque jour finissant à midi.	MACHINES DES ROUES A PALETTES.				MACHINES DE L'HELICE.				DISTANCE PARCOURUE par le navire estimée en nœuds.	LATITUDE.	LONGITUDE.	ROUTE.	INDICATIONS BAROMETRIQUES en centimètres.	NOMBRE D'OSCILLATIONS DU NAVIRE par minute.	OBSERVATIONS.
	NOMBRE DE RÉVOLUTIONS par jour.	NOMBRE MOYEN de révolutions par minute.	PRESSION MOYENNE de la vapeur en atmosphères dans la chambre des machines.	TONNES DE CHARBON consommées par jour.	NOMBRE DE RÉVOLUTIONS par jour.	NOMBRE MOYEN de révolutions par minute.	PRESSION MOYENNE de la vapeur en atmosphères dans la chambre des machines.	TONNES DE CHARBON consommées par jour.							
Janvier 1863.															
5	942	9	1,20	20	4,100	31	1,08	25	28	22	On gouverne en vue des côtes.		"	"	Départ à 10 h. mat.; grande vitesse; à 10 h. 50 arrêt pour débarquer le pilote; à 11 h. mise en marche à toute vitesse.
6	12,960	9	1,49	120	43,760	31	1,15	150	319	245	40,50 N.	Variable.	73,77	"	A 7 h. s. arrêt pour débarquer un pilote à la hauteur de la pointe Montauk; à 7 h. 45 grande vitesse.
7	12,393	9	1,35	136	45,480	32,2	1,15	156	325	265	43,41 N.	N. E. E. $\frac{3}{4}$ E.	74,00	6	Coups de vent violents; voiles carrées dehors.
8	11,485	8,5	1,32	126	43,820	32	1,15	144	320	275	45,30 N.	E. $\frac{3}{4}$ N.	75,47	4	Arrêt des machines de l'hélice pendant 1 h. $\frac{1}{2}$ pour réparer les coussinets de l'arbre.
9	12,231	9	1,35	134	44,940	32,6	1,18	150	325	248	46,26 N.	E. N. $\frac{1}{2}$ N.	76,02	5	Arrêt de toutes les machines pendant 45 minutes pour sonder.
10	12,630	9	1,35	126	44,060	32	1,08	147	325	260	47,49 N.	E. N. E.	75,67	6	Id. pendant 20 minutes pour jeter un cadavre à la mer.
11	11,692	9	1,35	118	44,580	32	1,08	48	323	264	48,20 N.	E. $\frac{3}{4}$ N.	75,77	5,5	Fort coup de vent; voile de misaine dehors.
12	12,568	8,9	1,35	124	46,260	32,6	1,18	152	329	266	49,42 N.	E. N. $\frac{1}{2}$ N.	75,92	5	Bon vent; voiles carrées dehors.
13	13,484	9,6	1,35	139	46,670	33,3	1,18	160	333	270	50,20 N.	E. $\frac{3}{4}$ N.	76,02	5	Id.
14	13,821	9,7	1,35	141	46,680	33	1,18	158	339	290	51,10 N.	E. $\frac{1}{2}$ N.	76,42	5	Léger vent debout; nettoyage des tubes des chaudières des roues à palettes.
15	14,085	10	1,35	140	47,060	33,4	1,18	160	340	280	51,12 N.	E.	76,50	4,5	Léger vent debout; nettoyage des tubes des chaudières de l'hélice.
16	14,251	10	1,35	154	46,210	33,7	1,18	155	333	300	52,56 N.	Variable.	77,00	"	Léger vent debout; mer calme.
17	5,616	11	1,35	56	18,320	35	1,18	62	120	93	On gouverne en vue des côtes.		76,25	"	Fort vent debout; mer calme; à 6 h. 35 s. arrêt pour prendre le pilote; à 7 h. départ à moitié vitesse; à 8 h. 45 arrivée à la hauteur du pavillon-bonée.
TOTAUX...	148,158	"	"	1514	521,940	"	"	1767	3,281	3,078			"	"	Temps de la marche avec vapeur, 11 j. 3 h.
MOYENNES.		9,3	1,34	"	"	32,6	1,15	"	3,759	"			"	"	

Densité de l'eau dans les chaudières, 1 5/8. — Vide dans les machines des roues à palettes et dans les machines de l'hélice, 25. — Diamètre extérieur des roues à palettes, 45m, 24. — Diamètre effectif, 44m, 63; circonférence, 45m, 90. — Hauteur de l'hélice, 13m, 410. — En quittant New-York, immersion à l'avant, 7m, 66; à l'arrière, 9m, 44. — En arrivant à Liverpool, immersion à l'avant, 6m, 46; à l'arrière, 8m, 67.

Projet de quais pour la Tamise. — Les grands travaux d'égouts dont on s'occupe en Angleterre, et dont nous avons rendu compte en 1862 (1), ont été entrepris, comme on sait, en vue de faire disparaître les émanations pestilentielles de la Tamise; mais à eux seuls ils ne sauraient donner une solution satisfaisante à cette importante question, et il est d'autres projets, d'une importance non moins grande, dont l'exécution doit assainir les bas quartiers qui longent le fleuve en même temps qu'ils seront un motif d'embellissement pour la Métropole. Il s'agit de l'endiguement de la Tamise et de la construction d'un certain nombre de quais. Un rapport a été présenté, sur cette question, au Conseil des travaux de la capitale (*Metropolitan Board-of-works*), par M. Bazalgette, l'ingénieur en chef auquel on doit déjà les grands égouts collecteurs; voici les principaux détails du projet qu'il a proposé :

« La longueur totale des quais est de 7,000 pieds (2,133^m,50). Elle est divisée par les ponts en trois sections qui seront indépendantes l'une de l'autre, c'est-à-dire qu'elles ne se rattacheront pas en ligne droite et auront, par conséquent, chacune un alignement spécial. La première section va du pont de Westminster au pont de Hungerford, la seconde du pont de Hungerford à celui de Waterloo, et la troisième, de ce dernier point au pont de Blackfriars.

« Une ligne continue de murs de quais serait d'un médiocre effet architectural; aujourd'hui, parmi les nombreux débarcadères qui desservent les bateaux à vapeur, il en est bon nombre qui sont excessivement laids, et leur présence ne pourrait que rendre plus difficile, au point de vue artistique, le raccord de ces murs avec les ponts existants; du reste, à chacun de ceux-ci, de nouveaux débarcadères seront construits, entre lesquels quelques-uns des anciens seront conservés.

« Pour satisfaire à ces conditions, on se propose de faire de chaque section un projet séparé, et de donner aux embarcadères et débarcadères à construire une importance en rapport avec les nécessités du service et le but d'utilité auquel ils doivent satisfaire.

« Au pont de Westminster, par exemple, auquel on arrive par une voie qui n'a pas moins de 1/80 de pente (0^m,0125 par mètre), voici comment on procédera : on reculera cette voie de 30 à 40 pieds (9^m,14 à 12^m,20) du mur de quai, et le terrain qu'on aura ainsi gagné sera affecté à la construction d'une promenade et d'un embarcadère, auxquels on descendra du pont par un large escalier conçu dans le style des monuments environnants.

« Entre ce pont et celui de Hungerford, quelques escaliers seront réservés pour les petites embarcations. En outre, de chaque côté des ponts de Hungerford et de Waterloo, on établira des débarcadères avec paliers, de 60 pieds de large (18^m,28), avançant dans le fleuve et flanqués, à chaque extrémité, de piliers massifs surmontés de statues colossales. On y arrivera par une succession de plates-formes, contre lesquelles pourront être construites plusieurs séries de boutiques dont les murs de fond serviront de soutènement. L'ensemble de ces constructions, vu de la rivière, sera d'un

(1) Voir *Bulletin* de 1862, 2^e série, t. IX, p. 550.

aspect pittoresque. Enfin, entre les ponts de Waterloo et de Blackfriars et en face de la rue Arundel, sera établi un embarcadère qui remplacera celui de la rue d'Essex et qui sera construit suivant le modèle adopté pour ceux des ponts.

« Les murs des quais seront rehaussés de moulures depuis le sommet jusqu'au degré de l'échelle qui marque le niveau des hautes eaux; de plus, pour rompre la monotonie, ces lignes de moulures seront recoupées, de distance en distance, par des consoles en granit destinées à supporter des candélabres et par quelques niches où seront établis des bancs pour les promeneurs. »

La construction de tous ces travaux doit entraîner, tant du côté nord que du côté sud du fleuve, la démolition de 156 maisons et le déplacement de 1,612 individus (1). (*The Artizan.*)

Procédé de fabrication du nickel à l'état pur, par M. Lewis Thompson. — « Le nickel qu'on trouve dans le commerce ne ressemble pas plus au nickel pur que le bronze ne ressemble au cuivre; il est associé à une grande quantité de matières étrangères, ainsi que le prouve le tableau suivant qui représente la composition moyenne des variétés de nickel les plus répandues.

COMPOSITION.	NICKELS ANGLAIS.		NICKELS ALLEMANDS.		NICKEL FRANÇAIS.
Nickel.	86,0	84,5	75,7	80,9	77,5
Cobalt.	6,5	8,2	2,2	5,2	3,7
Cuivre.	»	0,6	12,5	7,7	10,2
Fer.	1,4	1,1	0,4	1,2	1,1
Arsenic.	1,3	0,4	2,6	3,8	2,8
Zinc.	2,0	0,7	4,1	0,5	1,4
Manganèse.	0,2	0,8	»	»	0,6
Soufre.	1,7	2,2	2,3	0,2	1,1
Carbone.	0,5	0,9	0,2	0,1	0,7
Silice et alumine. . .	0,4	0,6	»	0,4	0,9
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

« D'après cela, on voit qu'à proprement parler il n'existe pas dans le commerce de nickel absolument pur, et que celui qu'on rencontre est surtout mélangé en plus ou moins grande proportion avec le cobalt et le cuivre. Le nickel est cependant plus facile à obtenir à l'état pur que le cobalt, en raison de sa moindre affinité pour l'oxygène; c'est sur cette propriété que j'ai fondé mon procédé de purification.

« J'ai commencé par prendre une certaine quantité d'oxyde de nickel pur, et je l'ai

(1) L'auteur de cette note ne parle pas du prix que ces expropriations doivent coûter, mais il est probable que le chiffre en est élevé, car il s'agit là de quartiers renfermant des usines et où le terrain ne doit pas être à bon marché. (R.)

mélangée avec un peu d'eau pour en faire une pâte que j'ai granulée en la faisant passer à travers un crible en poterie. J'ai fait sécher les grains bien complètement, je les ai placés dans un tube de porcelaine que j'ai fait chauffer au rouge, puis j'ai dirigé dans ce tube un courant d'hydrogène pur, en le laissant circuler jusqu'après refroidissement. Il en est résulté une espèce d'éponge métallique grise que j'ai fait fondre avec un peu de borax dans un creuset revêtu intérieurement d'alumine pure, et j'ai ainsi obtenu un culot d'un beau blanc d'argent, presque aussi doux que du cuivre, pesant 620 grains (40^{gr}, 10) et d'une pesanteur spécifique de 8,575. Sa malléabilité paraissait en effet très-grande, car en en laminant une partie j'ai pu obtenir un spécimen presque aussi mince qu'une feuille d'étain; mais il avait une tendance à se ternir au bout de quelques jours d'exposition à l'air, car il est devenu d'un jaune pâle, affectant en quelque sorte une teinte de chlorose. Les propriétés magnétiques du métal avaient un caractère moins décidé que celles du cobalt ou du fer, et, à en juger d'après la forme du culot et d'après son apparence de fusion parfaite, je crois pouvoir établir que le nickel est beaucoup plus fusible que ces deux métaux. Fondue dans les proportions voulues avec du cuivre et du zinc, une petite quantité du culot a fourni un alliage d'une apparence incomparablement supérieure à tous ceux qui pululent dans le commerce. En résumé, je suis convaincu qu'il y aurait grand profit à entreprendre une fabrication de nickel pur, et, parmi les recherches heureuses qu'on pourrait faire, je ne serais pas étonné que ce métal donnât avec l'aluminium un produit d'un aspect aussi beau que l'argent et capable de lui être supérieur au point de vue de la durée et de l'inaltérabilité en présence des émanations sulfureuses.

« A côté des avantages que je viens de signaler, il est deux remarques de quelque importance qu'il n'est pas sans utilité de consigner ici. Le procédé d'extraction du nickel de la gangue minérale qui le renferme repose sur l'affinité de l'arsenic pour ce métal et sur la plus ou moins grande facilité avec laquelle on obtient un arsénure fusible capable, en vertu de sa pesanteur spécifique, de se séparer de la scorie liquide. Ce procédé exige donc de notables quantités d'arsenic dont l'emploi est pernicieux pour la santé des ouvriers, en même temps qu'il est une source de danger pour les habitations situées au voisinage de l'usine. Or cette pénible opération est entièrement inutile, ainsi que je m'en suis assuré par des expériences faites sur une grande échelle. Ainsi, par exemple, après avoir fait griller avec soin 672 livres (304^{kg}, 65) d'un minerai de nickel ordinaire (arsenio-sulfure de nickel), je les ai mélangées avec moitié poids de calcaire et ai traité le tout dans un cubilot muni d'une soufflerie. Il s'est produit, d'une part, une scorie parfaitement liquide formée de la chaux du calcaire combinée avec la silice et l'oxyde de fer du minerai, tandis que, de l'autre, l'oxyde de nickel, ramené à l'état métallique, a coulé au fond du cubilot, d'où il a été facilement extrait. Ce mode de traitement n'a donné lieu à aucune perte appréciable de nickel; le produit obtenu renfermait 88 pour 100 de métal pur, la différence étant représentée par du cobalt, du fer et un peu de soufre, sans aucune trace d'arsenic. Quoique brut, ce nickel était beaucoup plus pur que celui qu'on trouve dans le commerce, et en raison du coût peu élevé auquel est revenu le traitement, il y aurait eu

encore bénéfice à le vendre à raison de 3 shillings la livre (soit 8^{fr.},30 le kilog.).

« L'autre remarque que j'ai à faire concerne le traitement du nickel par la voie humide, et repose sur un fait qui me semble être resté jusqu'ici inaperçu. Je suppose que nous ayons en dissolution un mélange de sulfates de nickel, de cobalt, de zinc, de manganèse, de fer et de cuivre; on y ajoutera à chaud autant de sulfate d'ammoniaque qu'il pourra s'en dissoudre, et on laissera ensuite refroidir; presque tout le nickel et le cobalt se précipiteront en une poudre verte cristallisée, et laisseront les autres métaux en solution. L'explication de ce phénomène est très-simple: les sulfates de nickel et de cobalt ont la propriété de former, avec le sulfate d'ammoniaque, des aluns ou sels triples, qui sont complètement insolubles à froid dans une solution saturée de sulfate d'ammoniaque, surtout lorsque cette solution a été rendue légèrement acide.

« En terminant, je ferai observer que le nickel semble jouir de la propriété de se laisser corroyer comme le fer. A ma requête, un ouvrier a mis à la forge deux petits barreaux de ce métal, après les avoir préalablement saupoudrés de borax; ayant chauffé à blanc, il a mis bout à bout les deux extrémités rouges des barreaux, et en frappant doucement avec le marteau contre les extrémités opposées il est arrivé à souder les deux barreaux en un seul qui, soumis après refroidissement à différents efforts destinés à éprouver le point de jonction, s'est parfaitement comporté et a montré une égale résistance sur tous les points. (*Newton's London Journal.*)

Nouvel alliage pour canon, présenté par M. Von Rosthorn, de Vienne (Autriche). — Ce nouvel alliage qui a reçu le nom de *sterrometal*, d'un mot grec signifiant dur ou résistant, est composé de cuivre, de zinc, de fer et d'étain. Il a un grain très-serré, n'est pas poreux et possède une couleur qui ressemble à celle du bronze; sa grande dureté lui permettra sans doute de prendre un beau poli. Déjà plusieurs ingénieurs distingués de Vienne l'ont employé à la confection des cylindres de presses hydrauliques et ont obtenu d'excellents résultats.

Cet alliage a été soumis à des essais très-exacts à l'Institut polytechnique et à l'Arsenal impérial de Vienne; voici quelles étaient les proportions employées :

	Alliage essayé à l'Institut polytechnique.	Alliage essayé à l'Arsenal.
Cuivre.	55,04	57,63
Zinc.	42,36	40,22
Fer.	1,77	1,86
Étain.	0,83	0,15
	100,00	99,86

L'essai fait à l'Institut polytechnique a donné les résultats suivants par pouce carré (6^{cc},45) : un barreau obtenu par simple fusion a supporté, sans se rompre, un poids de 27 tonnes, soit 41^k,86 par millimètre carré. Forgé à la température rouge, il s'est rompu sous une charge de 34 tonnes (52^k,70 par millim. carré). Pour l'alliage essayé à l'Arsenal on a obtenu, dans les circonstances analogues, les chiffres de 28, 32 et

37 tonnes ($43^k,40$, $49^k,60$ et $57^k,35$ par millim. carré). La densité de l'alliage est d'environ 8,37, lorsqu'il a été forgé à chaud. On a lieu de s'étonner de ces résultats quand on les compare à ceux que donnent le fer forgé et l'acier de premier choix, la résistance à la rupture du premier, telle que la donne officiellement M. Anderson de l'Arsenal de Woolwich, étant seulement de 26 tonnes par pouce carré ($40^k,30$ par millim. carré) et celle du second de 35 tonnes ($54^k,25$). L'élasticité du sterrométal est également très-grande. Ainsi on peut lui faire prendre une extension de $1/600$ de sa longueur sans que pour cela il la conserve, la fraction n'étant que de $1/1590$ pour le métal de canon et de $1/1500$ pour le fer forgé. Il n'est pas surprenant, d'après cela, qu'un tube fait avec ce nouvel alliage puisse, ainsi qu'on le rapporte, supporter une pression de 763 atmosphères, tandis qu'un tube en fer forgé, de forme et de dimensions semblables, cède sous une pression de 267 atmosphères. (*London chemical News.*)

Sur les alliages de plomb et de zinc. — MM. A. Matthiessen et Von Bosc, en étudiant les propriétés de différents alliages métalliques qui sont l'objet d'applications industrielles importantes, sont parvenus à se rendre compte de l'impossibilité qu'on éprouve à allier le plomb et le zinc. Voici la raison qu'ils en donnent après de nombreux essais : lorsqu'on fond ensemble une certaine quantité de ces deux métaux et qu'on les laisse refroidir lentement, la séparation s'opère, le plomb descendant au fond du vase et le zinc venant en occuper la partie supérieure. Cette séparation n'est pas cependant absolue ; ainsi le plomb précipité n'a pas la pureté qu'il offrait avant la fusion, il contient environ $1\frac{1}{2}$ pour 100 de zinc ; il en est de même de ce dernier, qui renferme alors un peu plus de 1 pour 100 de plomb. Ces expériences prouvent que, si l'on fond ensemble et laisse refroidir dans les conditions ordinaires des quantités à peu près égales de plomb et de zinc, on n'obtient pas un composé homogène, mais un simple mélange mécanique de plomb et de zinc presque purs, mélange qui n'a, par conséquent, aucune des qualités qui rendent certains alliages métalliques éminemment propres aux industries mécaniques. Les mêmes observations peuvent également s'appliquer aux mélanges de zinc et de bismuth. (*The Artizan.*) (M.)

De l'action du soufre sur des dissolutions de sels à réaction alcaline. Décomposition de l'eau bouillante par ce corps, par M. J. de Girard. —

« 1° *Action du soufre sur une dissolution de pyrophosphate de soude.* — Dans un appareil clos, disposé pour éviter l'entraînement mécanique d'une portion des composés formés et pour recueillir des gaz s'il s'en dégagait, on a fait bouillir du pyrophosphate de soude dissous dans l'eau (5 grammes de ce sel pour 150 grammes d'eau) avec un excès de fleurs de soufre bien lavées. La liqueur se colora rapidement en brun rougeâtre foncé par la formation d'un polysulfure. L'ébullition étant continuée pendant plusieurs heures, de l'hydrogène se dégagait en abondance et l'on obtint une grande quantité de sulfure de plomb. Peu à peu la liqueur se décolora complètement tout en dégageant encore du gaz sulfhydrique. Arrivé à ce point, on mit fin à

l'expérience. La dissolution fut filtrée pour séparer l'excès de soufre, qui avait pris une teinte particulière. Il était évident que cette liqueur ne devait plus contenir que de l'hyposulfite de soude et un sel renfermant de l'acide pyrophosphorique ou cet acide modifié. Pour l'analyser, on y ajouta du nitrate d'argent aussi longtemps que le précipité blanc, qui se formait d'abord, devint noir par sa transformation en sulfure d'argent. Ce dernier étant séparé, une nouvelle addition de sel argentique fit naître un précipité jaune de phosphate d'argent.

« Cette expérience prouve donc trois choses : l'action du soufre sur la soude du pyrophosphate, par suite la transformation de l'acide pyrophosphorique, un instant libre, en acide phosphorique ordinaire, enfin la décomposition du polysulfure primitivement formé. Cette dernière remarque a conduit à tenter l'expérience suivante.

« 2° *Action du soufre sur une dissolution de sulfure de sodium.* — Dans les conditions de l'expérience précédente, j'ai porté à l'ébullition une dissolution de sulfure de sodium (Na S) en présence d'un excès de soufre. Le polysulfure qui prend d'abord naissance se détruit en dégageant de l'hydrogène sulfuré, et la liqueur décolorée, devenue complètement neutre aux papiers réactifs, ne contient plus que de l'hyposulfite de soude. En effet, filtrée et évaporée, elle a donné des cristaux de ce sel caractérisés par leur forme et par leurs réactions.

« Dans les mêmes circonstances le sulfure de sodium seul décompose l'eau. Un dégagement d'hydrogène sulfuré témoigne de la réaction. Ces deux dernières expériences m'ont amené à penser que le soufre lui-même est capable de décomposer l'eau à 100° .

« 3° *Action du soufre sur l'eau bouillante.* — Pour cette expérience on a lavé la fleur de soufre à outrance, d'abord à l'eau distillée bouillante, et puis à l'eau froide. Le soufre encore humide, introduit dans l'appareil précédent avec de l'eau distillée, a été chauffé jusqu'à l'ébullition du liquide. Il s'est bientôt dégagé une grande quantité d'acide sulfhydrique. L'eau condensée dans le flacon-récipient répandait l'odeur de ce gaz et précipitait par l'acétate de plomb. Un tube abducteur, partant de ce flacon, amenait la portion du gaz non dissoute dans une dissolution de ce même sel. Là aussi on a obtenu un dépôt considérable de sulfure de plomb.

« Il est donc démontré que le soufre est capable, soit à l'état de polysulfure, soit à l'état de liberté, de décomposer l'eau à 100° (1). »

(Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences.)

(1) M. Planche (*Journal de pharmacie*, t. VIII, p. 371; 1822) a vu ce corps chauffé avec de l'eau donner naissance à de l'hydrogène sulfuré; mais il attribue la formation de ce gaz à la présence de l'hydrogène dans le soufre.

M. Dumas (*Annales de chimie et de physique*, 2^e série, t. IV, p. 156) a trouvé aussi de l'hydrogène dans ce métalloïde, mais en quantité trop petite (environ $1/1000$) pour atténuer la valeur de mes conclusions.

Concurrence faite par certaines forges de France à celles de l'Angleterre. — Nous extrayons des *Annales du commerce extérieur* le fait suivant qui mérite d'être signalé :

On sait que la construction des paquebots de la Compagnie générale transatlantique de France a été confiée à MM. Scott et comp., de Greenock. Or ces constructeurs emploient, pour les balanciers de ces machines de ces steamers, des fers qu'ils tirent de France. La confection de ces balanciers nécessite l'emploi de plaques de fer de 7^m,610 de long sur 1^m,950 de large et 0^m,060 d'épaisseur, pesant chacune environ 5 1/2 tonnes. Les forges d'Angleterre ne peuvent les fournir qu'au prix de 50 livres sterl. la tonne, soit 275 livres sterl. ou 6,875 fr. la plaque, tandis que MM. Petin et Gaudet, de Rive-de-Gier, les livrent à Saint-Nazaire au prix de 4,100 fr. Avec les frais dans le port d'embarquement, le fret et l'assurance évalués à 860 fr., ces plaques reviennent, rendues à Greenock, à 4,960 fr., soit 1,915 fr. au-dessous du prix demandé par l'industrie anglaise.

Il ne s'agit là, il est vrai, que d'une fabrication spéciale, pour laquelle l'industriel français peut être placé dans des conditions d'outillage exceptionnellement favorables; mais il est d'autres produits analogues, notamment des tôles de 6 mètres de long sur 0^m,80 de large et 0^m,024 d'épaisseur, que les constructeurs du Royaume-Uni demandent également à la France. C'est là un fait important et qui ne s'était guère encore présenté, de voir nos maîtres de forges luttant aussi avantageusement avec leurs concurrents d'Angleterre, et cela sur leur propre terrain !

Reproduction, sur pierre, des lithographies nouvelles ou anciennes, par M. Rigaud. — « J'applique la lithographie par son verso sur une couche d'eau pure pendant quelques minutes; elle s'humecte uniformément, l'eau ne mouille pas les noirs. Je retire cette feuille et je la place entre des doubles de papier; l'excès de liquide est absorbé, j'étends la feuille sur la pierre par le recto, elle adhère à la pierre lithographique dans toutes ses parties au moyen d'une légère pression. Je prends alors une feuille de papier ordinaire, je l'étale sur une dissolution d'acide azotique du commerce étendu de 10 fois environ son volume d'eau. Cette feuille imprégnée d'acide azotique est mise dans des doubles de papier qui absorbent l'acide nitrique en excès; je la place alors sur la feuille lithographique qui adhère parfaitement à la pierre; j'exerce une pression uniforme sur les deux feuilles.

« L'acide azotique ne pénètre ainsi que lentement à travers l'épreuve lithographique humide; il agit sur la pierre d'une manière plus uniforme : l'acide carbonique qui se dégage pénètre lentement à travers les pores des feuilles de papier à mesure qu'il se produit; l'épreuve lithographique n'est point soulevée, et la pierre est attaquée aussi également que possible. » (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences.*)

Sur les lacs construits en Californie pour alimenter les ateliers de lavage de l'or. — Dès 1853, une compagnie de mineurs entreprit de barrer, dans les hautes vallées de la Nevada, les eaux de la fonte des neiges, pour les répandre à la saison sèche et les distribuer sur ces plaines où partout on voyait l'or sans pouvoir le recueillir. Après huit années de persévérants travaux, ce projet est aujourd'hui pleinement réalisé et, dans cette grande entreprise, connue sous le nom d'*Eureka Lake water company*, on ne sait ce qu'il faut admirer davantage, la grandeur de l'œuvre ou le profond savoir et la ténacité de ceux qui, sans autre ressource au début que leur travail personnel, osèrent l'entreprendre et ont su l'achever.

Douze barrages, grands ou petits, retiennent maintenant les eaux de l'hiver dans trois grands lacs et plusieurs hautes vallées de la Sierra-Nevada, sur une étendue totale de 1,050 hectares. Un canal à grande section les conduit depuis les montagnes jusque sur les plateaux des mines, où un système de nombreux réservoirs et de canaux secondaires complète la distribution. Le grand canal alimentaire (*Main ditch*) a une longueur totale de 113 kilomètres; il compte sur son parcours de nombreux et magnifiques aqueducs qui, en certains points, atteignent 41 mètres de hauteur.

Le réseau des canaux secondaires qui, parcourant la plaine, apportent l'eau à toutes les exploitations qui sont ouvertes présente un développement total de 284 kilomètres. Tout cet ensemble de travaux a coûté près de 5 1/2 millions de francs. La quantité d'eau qui est distribuée aux mineurs est d'environ 168,000 mètres cubes par jour, et la recette annuelle produite par la vente de cette eau s'élève à près de 11 millions de francs. La compagnie des lacs distribue l'eau à plusieurs centaines d'exploitations. (*Extrait d'un rapport de M. Laur, ingénieur au corps impérial des mines.*)

Études sur l'acier, par M. Caron. — « *De l'expulsion du phosphore des fontes.* — Les fontes qui contiennent du soufre ou du phosphore donnent des fers cassants à chaud ou à froid; mais, en affinant un mélange convenable de ces deux espèces de fonte, on obtient un métal dans lequel ces défauts sont beaucoup moins sensibles. De là on a conclu assez généralement que le soufre et le phosphore se détruiraient mutuellement, ou plutôt formaient une combinaison solide ou gazeuse susceptible de disparaître, soit avec les scories, soit avec les gaz des fours. Il m'a paru intéressant d'étudier analytiquement cette question et de constater s'il existait réellement un moyen d'expulser le phosphore des fontes. Je demande la permission d'exposer les expériences que j'ai faites à ce sujet.

« Deux fontes, l'une sulfureuse, l'autre phosphoreuse, faites de toutes pièces, ont été analysées; elles contenaient pour 100 de métal :

Fonte sulfureuse.

Soufre. 1,04

Fonte phosphoreuse.

Phosphore. 0,85

« Des poids égaux de ces deux fontes ont été fondus ensemble et coulés ; le lingot contenait :

Soufre pour 100 de fonte.	0,51
Phosphore pour 100 de fonte.	0,42

« Il n'avait disparu sensiblement ni soufre ni phosphore ; seulement chacun de ces corps se trouvait réparti dans une quantité double de métal.

« Le lingot de fontes mélangées a été affiné au moyen d'une addition d'oxyde de fer ; il contenait encore après cet affinage :

Soufre pour 100 de fonte.	0,49
Phosphore pour 100 de fonte.	0,40

« L'effet de l'affinage a donc été presque nul.

« Enfin on a refondu ce dernier lingot avec 6 pour 100 de manganèse métallique pour voir si ce corps, qui a la propriété d'entraîner le soufre, n'expulserait pas en même temps le phosphore ; la fonte analysée a donné

Soufre pour 100 de fonte.	0,15
Phosphore pour 100 de fonte.	0,39

« Le soufre avait disparu en grande partie, mais le phosphore était resté.

« Ainsi donc, lorsque, dans l'industrie, on mélange des fontes sulfureuses et phosphoreuses destinées à être ensuite affinées ensemble, on ne fait disparaître en aucune façon ni le soufre ni le phosphore ; cette opération n'a d'autre effet que de disséminer les métalloïdes nuisibles dans une plus grande quantité de métal ; autrement dit, au lieu d'obtenir des fers très-cassants à chaud ou très-cassants à froid, on a des fers qui possèdent en même temps ces deux défauts, mais à un degré moindre, qui permet de les employer plus avantageusement dans l'industrie. » (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences.*)

Nouveau mode de reproduction, à l'aide de la lumière, de toute espèce de dessins gravés, imprimés, photographiés, etc., par M. Morvan.

— « Mon procédé, simple, prompt et facile, peut être exposé en peu de mots. Sur une pierre à lithographier, préalablement enduite, dans un lieu obscur, d'un vernis composé d'albumine et de bichromate d'ammoniaque, je place *le recto* de l'image à reproduire, que cette image soit sur verre, sur toile ou sur papier (celui de Saxe est naturellement préférable, mais tout autre, ayant quelque transparence, suffit à l'opération). Cela fait, j'expose ma pierre à l'action de la lumière, de trente secondes à deux ou trois minutes seulement, si elle est au soleil ; de dix à vingt-cinq minutes au plus, si elle est à l'ombre. Au bout de ce peu de temps, j'enlève l'image et je lave ma pierre d'abord à l'eau de savon, puis à l'eau pure, et immédiatement je l'encre avec le rouleau d'imprimerie. Le dessin est déjà fixé, car l'image commence à se révéler en noir sur un fond blanc. Alors je gomme, je laisse sécher quelques minutes, et l'opération est terminée ; on peut mettre sous presse et tirer.....

« On comprend que la lumière a fixé le vernis et l'a rendu insoluble, partout où

elle a frappé, mais qu'au contraire toutes les parties de la pierre ombragées par l'image sont restées solubles, conséquemment attaquables par la soude et par l'acide, outre qu'elles retiennent la substance du savon : l'action produite ici sur la pierre tient à la fois de la gravure et de la lithographie.

« Quant aux avantages du procédé, on peut les résumer ainsi : simplicité et rapidité de l'opération ; exactitude de la reproduction ; aucun besoin de clichés *négatifs* sur verre ou sur papier : le modèle *positif* est obtenu *positif* ; conservation absolument intacte et immaculée du modèle ; solidité au moins égale à celle de la gravure sur pierre proprement dite ; enfin extrême économie du procédé, à raison du bas prix des substances employées. »

(*Idem.*)

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION.

PROCÈS - VERBAUX.

Séance du 2 juillet 1863.

M. A. Chevallier, membre du comité des arts chimiques, occupe le fauteuil.

CORRESPONDANCE. — M. Boutigny, d'Évreux, transmet, par l'intermédiaire de M. Tresca, membre du Conseil, un mémoire traitant de l'emploi des diaphragmes comme annexes à toutes les chaudières à vapeur, système qui a déjà été l'objet d'un rapport (1) fait par M. Callon. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. Maurice David, boulevard du Nord, 3, à Saint-Quentin, présente un dynamomètre pour les fils de chaîne, applicable surtout aux chaînes coton simple ou retors et aux chaînes de laine filée ou cardée. (Renvoi au même comité.)

M. L. Charton-Joanot, sculpteur, à Dampierre (Aube), par l'intermédiaire de M. Delaunay, de l'Académie des sciences, membre de la Société, donne le dessin et description d'un mode d'emploi des scies-rubans, appliqué à la taille des matériaux de construction. (Renvoi au même comité.)

M. Audoinaud, peintre sur verre, à Périgueux, met sous les yeux du Conseil des spécimens de ses travaux, parmi lesquels des émaux appliqués sur cuivre. (Renvoi au comité des arts chimiques réuni à la commission des beaux-arts appliqués à l'industrie.)

M. Malavergne, à Paris, appelle l'attention de la Société sur un appareil ayant pour but le ramonage mécanique des cheminées. (Renvoi au comité des arts économiques.)

MM. Leoni et Coblentz, à Paris, sollicitent l'examen de l'usine qu'ils ont établie à Vaugenlieu près Compiègne, et dans laquelle ils appliquent, sur grande échelle, leurs

(1) Voir *Bulletin* de 1856, 2^e série, t. III, p. 79.

procédés de préparation du chanvre sans rouissage. (Renvoi à une commission spéciale.)

M. *P. de Laterrière*, membre de la Société, à Paris, envoie le dessin avec description et le modèle d'un appareil à vanner les blés, lequel imite automatiquement le travail fait par le vanneur. M. de Laterrière ajoute qu'il ne revendique aucun droit de priorité pour cet appareil. (Renvoi au comité d'agriculture.)

M. *Émile Barrault*, ingénieur civil, membre de la Société, boulevard Saint-Martin, exprime le désir que l'étude qu'il a publiée sur les droits des inventeurs et dont il a fait hommage à la Société soit renvoyée à l'examen d'un comité. (Renvoi à la commission des brevets.)

M. *Chaumont*, dessinateur-graveur, à Paris, par l'intermédiaire de M. *Barreswil*, membre du Conseil, fait hommage de plusieurs spécimens de ses travaux. (Renvoi à la commission des beaux-arts appliqués à l'industrie.)

M. *P. M. N. Benoît*, membre du comité des arts mécaniques, fait hommage d'un exemplaire de l'ouvrage qu'il vient de publier sous le titre de *Guide du meunier et du constructeur de moulins*. 2 vol. in-8 avec planches.

M. *Roret*, libraire-éditeur, membre de la Société, à Paris, dépose un exemplaire du *Nouveau manuel complet de l'horloger*.

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du comité des arts mécaniques, M. *Benoît* donne lecture des deux rapports suivants :

1° Rapport sur l'*arithmétique théorique, pratique et mentale* de M. *Grandemange*, professeur de calcul mental à l'école municipale supérieure d'Orléans (voir plus haut p. 395).

2° Rapport sur une boîte de compas présentée par M. *Royer*, fabricant de compas de précision. (Insertion au *Bulletin*.)

Au nom du même comité, M. *Phillips* lit un rapport sur un mémoire de M. *Beau de Rochas* relatif à la traction des bateaux fondée sur le principe de l'adhérence. (Insertion au *Bulletin*.)

COMMUNICATIONS. — M. *Robinet*, membre de l'Académie de médecine, met sous les yeux du Conseil et explique le modèle d'un système qu'il a imaginé pour améliorer le travail dit *à la corde*, encore employé aujourd'hui dans bien des cas par les ouvriers chargés de réparer ou de repeindre les façades des maisons. Ce système consiste dans l'addition d'un contre-poids disposé sur un petit bras de levier derrière la sellette de l'ouvrier, et dont le déplacement à volonté permet de régler la position du centre de gravité de manière à donner plus de stabilité au corps et à l'empêcher de tourner sur lui-même. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. l'abbé *Moigno* donne quelques explications sur le frein automatique à patins de M. *Ourselin*.

NOMINATION DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — M. *Fauler*, membre de la Chambre de commerce.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

La Société d'encouragement a reçu, dans les séances des 6 et 20 mai, 3 juin 1863, les ouvrages dont les titres suivent :

Ouvrages offerts.

- ANNUAIRE de la Société météorologique de France. Feuilles 12, 13, t. X. — Bulletin des séances.
ANNALES des mines. 6^e livraison de 1862.
ANNALES du commerce extérieur. Mars, avril, mai 1863.
ANNALES de l'agriculture française. N^{os} 7 à 12.
Annuaire des engrais pour 1863, par M. ROHART. 5^e, 6^e et 7^e livr.
BULLETIN de la Société chimique de Paris. Avril, mai 1863.
BULLETIN de l'industrie. N^{os} 18 à 21.
Bulletin du laboratoire de chimie scientifique et industrielle de M. CH. MENE. Avril, mai, juin 1863. Lyon.
BULLETIN de la Société industrielle de Mulhouse. Avril 1863.
BULLETIN du musée de l'industrie. Février, mars, avril 1863.
BULLETIN de la Société française de photographie. Avril, mai 1863.
BULLETIN mensuel de la Société protectrice des animaux. Avril, mai 1863.
BULLETIN des séances de la Société impériale et centrale d'agriculture. N^{os} 5 à 7.
COSMOS, revue encyclopédique hebdomadaire. Livr. 17 à 26, et livr. 1, 2 du t. XXIII.
Culture (la). Écho des comices, par M. SANSON. N^{os} 21 à 24 et n^o 1.
CULTIVATEUR de la Champagne (le). Avril, mai 1863.
CATALOGUE des brevets d'invention. N^o 11, 1862.
Génie industriel (le), par MM. ARMENGAUD frères. Mai 1863.
Invention (l'), par M. DESNOS-GARDISSAL. Mai, juin 1863.
Journal d'agriculture pratique, par M. BARRAL. N^{os} 9 à 13.
JOURNAL d'éducation populaire. Avril, mai, juin 1863.
JOURNAL des fabricants de papier. N^{os} 9 à 13.
JOURNAL de l'éclairage au gaz. N^{os} 3 à 6.
JOURNAL d'agriculture de la Côte-d'Or. Mars, avril 1863.
JOURNAL des fabricants de sucre. N^{os} 3 à 14.
JOURNAL des inventeurs. Mai, juin 1863.
LUMIÈRE (la). N^{os} 8, 9, 10, 11.
Mondes (les), par M. l'abbé MOIGNO. Livr. 11 à 22.
Moniteur scientifique (le), par M. le docteur QUESNEVILLE. Livr. 153 à 157.
Presse scientifique des deux mondes (la), sous la direction de M. BARRAL. N^{os} 9, 10, 11, 12.
Publication industrielle des machines, outils et appareils, par M. ARMENGAUD aîné. T. XIV.
PROPRIÉTÉ industrielle (la). N^{os} 279 à 289.
REVUE agricole et industrielle..... de Valenciennes. Mars, avril, mai 1863.
Revue générale de l'architecture et des travaux publics, par M. CÉSAR DALY. N^{os} 1 à 6, vol. XXI.
Répertoire de chimie appliquée, par M. BARRESWIL. Avril, mai 1863.
SOCIÉTÉ des anciens élèves des écoles d'arts et métiers. — Sommaire des travaux du comité. Janvier, février, mars 1863.
Technologiste (le), par MM. MALEPEYRE et VASSEROT. Mai, juin, juillet 1863.

UNION nationale (l'). Nos 30 à 37.

JOURNAL of the Franklin Institute. Avril 1863.

JOURNAL of the Society of arts. Nos 544 à 555.

NEWTON'S London Journal. Mai, juin, juillet 1863.

Polytechnisches Journal, von MAX. DINGLER. Nos 966 à 971.

PHOTOGRAPHIC Journal (the). Nos 133, 134.

REVISTA de obras publicas. Nos 8 à 13, año XI.

VERHANDLUNGEN des Bereins zur Beförderung des Gewerbflieizes in Preussen. Novembre et décembre 1862, janvier et février 1863.

Méthode pour apprendre à connaître en deux leçons les poids et les mesures de capacité, par M. MAUPIN. Br.

NOTICE sur l'engrais liquide Boutin. Br.

Traité de l'impression photographique sans sels d'argent, par M. ALPHONSE POITEVIN. 1 vol. in-8, 1862. Leiber, libr.-édit.

COMMISSION des logements insalubres. — Rapport général sur les travaux de la Commission pendant les années 1860 et 1861. Br.

Guide du meunier et du constructeur de moulins, par M. BENOIT. 2 vol. in-8. Mallet-Bachelier, impr.-libr.

De la propriété en matière d'invention. — Défense du droit des inventeurs à l'occasion du projet de réforme de la loi de 1844, par M. ROHART. Br.

ENCYCLOPÉDIE Roret. — Manuel de l'horloger. 1 vol. in-18 avec atlas.

Exposition universelle. — Rapport de M. NATALIS RONDOT. Br.

La crise cotonnière et les textiles indigènes, par M. HORN. Br.

Intervention de l'art dans la photographie, par M. BLANQUART-ÉVRARD. Br.

INSTRUCTIONS sur les appareils Greffier pour la fabrication des eaux gazeuses. Br.

Abonnements.

ANNALES de chimie et de physique. Avril, mai 1863.

ANNALES du Conservatoire des arts et métiers. N° 12. 3^e année.

COMPTES RENDUS hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. Nos 16 à 21. 1^{er} semestre 1863.

TEINTURIER universel (le). Nos 4, 5, 6.

ARTIZAN (the). Mai, juin, juillet 1863.

ENGINEER (the). Nos 379 à 391.

MECHANIC'S magazine (the). Avril, mai, juin 1863.

PRACTICAL mechanic's journal (the). Mai, juin, juillet 1863.

TECHNOLOGIST (the). Mai, juin, juillet 1863.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

ARTS MÉCANIQUES.

RAPPORT fait par M. TRESCA, au nom du comité des arts mécaniques, sur le procédé de TOUAGE PAR CHAÎNE ADHÉRENTE proposé par M. WILLIAM STEWART, ingénieur civil, rue Beauregard-des-Martyrs, 4.

Le 10 de ce mois, M. Stewart a soumis à l'appréciation de la Société d'encouragement diverses dispositions relatives à l'application du touage par adhérence dans les canaux.

Les diverses inventions qui se rattachent à ce système ont été décrites et dessinées dans un travail spécial de M. Beau de Rochas, qui a été récemment discuté par la Société des ingénieurs civils, et dont l'examen a été, d'un autre côté, renvoyé, par le comité des arts mécaniques de la Société d'encouragement, à notre collègue M. Phillips.

Cette double circonstance a eu pour résultat de nous permettre d'être très-concis dans nos appréciations sur le système de M. Stewart, et de les présenter sans retard et sous l'impression de la discussion à laquelle nous venions d'assister, notre collègue M. Faure y ayant fait un exposé complet, non-seulement du travail de M. Beau de Rochas, mais encore de plusieurs autres systèmes proposés pour l'application du touage à vapeur sur les canaux.

Trois modes principaux peuvent être employés.

Le fonctionnement des propulseurs à aubes ou à hélices produit des re-

mous assez considérables qui dégradent les berges, surtout dans les canaux de faible section, et ils n'utilisent, pour la traction, qu'une faible partie de la puissance motrice.

Le touage sur chaîne fixe et noyée a donné de très-beaux résultats sur les rivières, et d'ingénieuses dispositions dues à M. Bouquié permettent aujourd'hui de le pratiquer sur les canaux à écluses, sans grande complication; il a, sur le premier mode, l'avantage de mieux utiliser le travail moteur, la perte relative au relèvement d'une chaîne, légère bien que résistante, ne constituant qu'une très-faible partie du travail total. Il n'est pas besoin d'ajouter que les remous sont complètement évités, et que la chaîne, en se déplaçant, peut même contrarier, dans une certaine mesure, l'envahissement du fond par les herbes.

Le plus inattendu des trois systèmes est certainement celui qui agit au moyen de l'adhérence d'une chaîne reposant, par une partie de sa longueur seulement, sur le fond du canal; tandis que la chaîne ordinaire doit être, à l'avance, disposée sur toute la longueur de l'espace à parcourir, celle-ci constitue une véritable chaîne sans fin, d'une longueur un peu plus que double de celle du bateau; elle se relève à l'arrière de celui-ci, tandis qu'une longueur égale, se déroulant à l'avant, vient se déposer au fond de l'eau. Si la profondeur du canal reste partout la même, la longueur de chaîne en contact avec le fond sera constante, et dans tous les cas il suffira que cette longueur détermine, par son poids, une adhérence assez grande pour résister à l'effort de traction exercée par la poulie motrice que porte le bateau même. S'il en est ainsi, le remorquage se fera sur cette chaîne, simplement adhérente, comme sur une chaîne fixe, à cela près qu'il faudra incessamment relever une chaîne plus lourde et, par conséquent, perdre en travail de résistance une plus grande partie du travail moteur destiné à effectuer le remorquage.

Au point de vue de la bonne utilisation du travail moteur, l'emploi de cette chaîne, résistant seulement par adhérence, paraît être intermédiaire entre celui de la chaîne fixe et celui des propulseurs; plus avantageux que ce dernier, il présente, par rapport à l'autre, l'inconvénient de nécessiter une chaîne plus pesante, sans donner, pour tous les cas, une aussi grande certitude dans le remorquage, car il pourra se faire accidentellement que l'adhérence devenant insuffisante, soit par suite d'une profondeur d'eau plus grande, soit par suite de la nature même des vases au milieu desquelles la chaîne agirait, le bateau éprouve, par rapport à la chaîne développée, un véritable retard dans sa marche, que l'on pourrait comparer à ce que l'on appelle improprement le recul dans la marche des hélices ou des roues.

C'est à ce troisième mode de propulsion que se rattachent les perfectionnements proposés par M. Stewart, et, pour les indiquer avec quelque précision, il nous faut revenir sur les appareils antérieurs.

M. Beau de Rochas cite les brevets de Hoheberger en 1839, de Clément Desormes en 1847, de MM. Gatget et Moreaux en 1853, de M. Guérin en 1853, enfin de M. Reynaud en 1859 et en 1860.

M. Clément Desormes proposait une chaîne à grappins, pour laquelle certaines expériences lui avaient appris que le rapport du frottement à la pression pouvait s'élever jusqu'à 0,85. Dans ses deux brevets, M. Guérin décrit une chaîne ordinaire, dont la portion immergée pouvait s'allonger ou se raccourcir à volonté, au moyen de poulies tendeuses, déterminant des sinuosités plus ou moins grandes dans la portion émergée.

A ces indications sommaires nous joindrons quelques détails sur une patente anglaise accordée, le 28 juillet 1859, à M. Robertson. Les figures jointes à cette patente indiquent l'emploi d'une ou de plusieurs chaînes disposées de façon à être entraînées par la poulie motrice, au moyen de saillies et d'encoches disposées de plusieurs manières différentes. La machine est à l'avant du bateau et elle fait tourner les poulies de manière à immerger la chaîne, qui la relie à l'arrière, en passant sur une autre poulie à empreintes et en glissant contre un galet placé au-dessous de la deuxième poulie, à une certaine profondeur.

La chaîne est ensuite guidée, dans son mouvement, par une suite de galets disposés sur le pont ou sur les bords du bateau ; et une poulie mobile permet de lui faire subir un allongement ou un raccourcissement de circuit, lorsque les conditions du fond au-dessus duquel on navigue le rendent nécessaire.

Bien que cette disposition ne présente que des différences insignifiantes par rapport aux brevets antérieurs, elle mérite cependant d'être signalée, parce qu'elle a eu, en Angleterre, un commencement d'application sur le canal de Birmingham. Une machine de 8 chevaux aurait fait marcher, avec une vitesse de 2,400 mètres (1 mille et demi) à l'heure, deux bateaux du port total de 96 tonnes.

La machine employée devait être d'une construction bien défectueuse, puisqu'elle a consommé plus de 13 kilogrammes de houille par force de cheval et par heure, et l'on attribue à cette cause l'insuccès de la tentative anglaise.

M. Stewart reprend la même idée, seulement il place sa machine au milieu du bateau ; l'arbre transversal qu'elle commande est muni, à chaque

extrémité, d'un pignon d'angle pouvant engrener avec l'un ou l'autre de deux autres pignons perpendiculaires et appartenant à des arbres longitudinaux, allant, de chaque côté, du milieu à l'extrémité du bateau. De nouveaux pignons transmettent, vers ces extrémités, le mouvement aux poulies motrices qui existent aux quatre angles du bateau. S'il est nécessaire de marcher en avant, on pourra faire fonctionner les deux poulies d'avant, seules, et celles d'arrière tourneront seulement à la demande de la chaîne, disposition d'où il résultera que celle-ci ne s'emmagasinerà pas sur le pont; en cas de mouvement en arrière, on embrayera, au contraire, les arbres d'arrière, et, si l'on veut tourner, on pourra aussi ne faire fonctionner à l'avant que la poulie de bâbord, tandis que celle de tribord fonctionnera à l'arrière.

Cette combinaison est ingénieuse, et elle constituera une amélioration sérieuse, le jour où le système de l'adhérence sera entré, comme nous le tenons pour certain, dans la pratique courante.

Quant aux dispositions relatives aux empreintes des roues motrices ou aux guides que M. Stewart propose pour rendre plus facile l'émergence de la chaîne, nous trouvons les mêmes éléments dans les brevets antérieurs, et nous ne saurions, avec quelque raison, insister sur l'efficacité de certaines différences de détail.

L'application du procédé nous paraît être dominée par des considérations d'un ordre supérieur, surtout en ce qui concerne la navigation sur les canaux, la seule que M. Stewart ait en vue. Sans doute on réalisera, par ce moyen, une notable économie sur les frais de traction par chevaux, et même sur ceux des bateaux remorqueurs; mais, dans cette navigation toute spéciale, les frais de traction représentent, dans leur intégralité, une si faible portion de la dépense totale, qu'il est bien difficile de penser que le remorquage à la vapeur acquerra jamais une prépondérance absolue sur les autres moyens de transport.

Il en sera tout autrement pour la navigation en rivière, dans laquelle les résistances à vaincre sont plus grandes à la remonte, et qui n'est pas entravée par les obstacles d'écluses et de chômage, qui augmentent dans une si grande proportion les frais de transport sur canaux.

M. Stewart aura contribué, pour sa part, dans la réussite des applications à venir, et votre comité des arts mécaniques vous propose, Messieurs, d'ordonner l'insertion, dans votre *Bulletin*, du présent rapport, avec un dessin de la disposition brevetée au profit de cet inventeur.

Nous ne terminerons pas ce rapport sans rappeler que M. Stewart a déjà

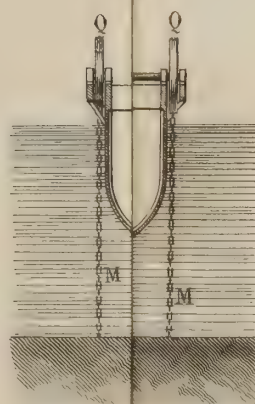
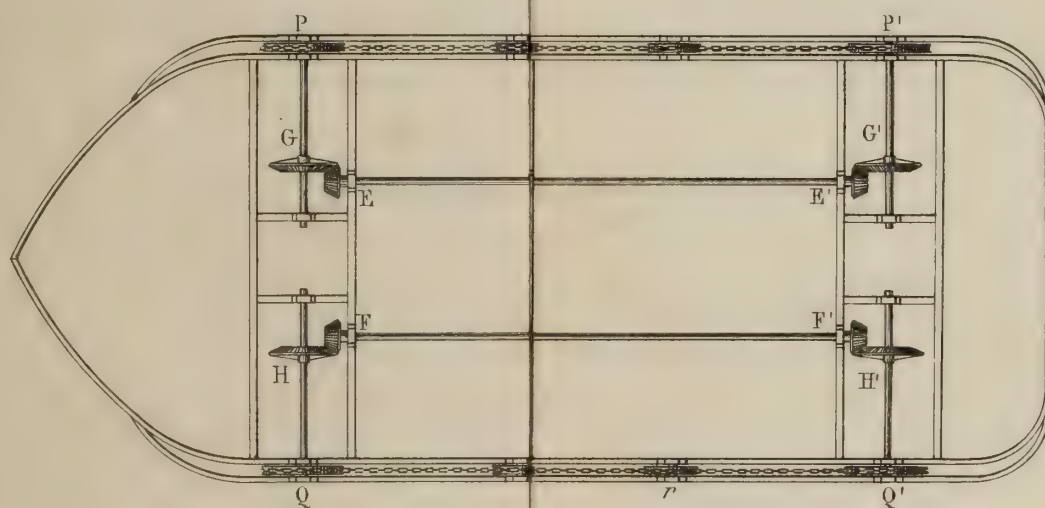
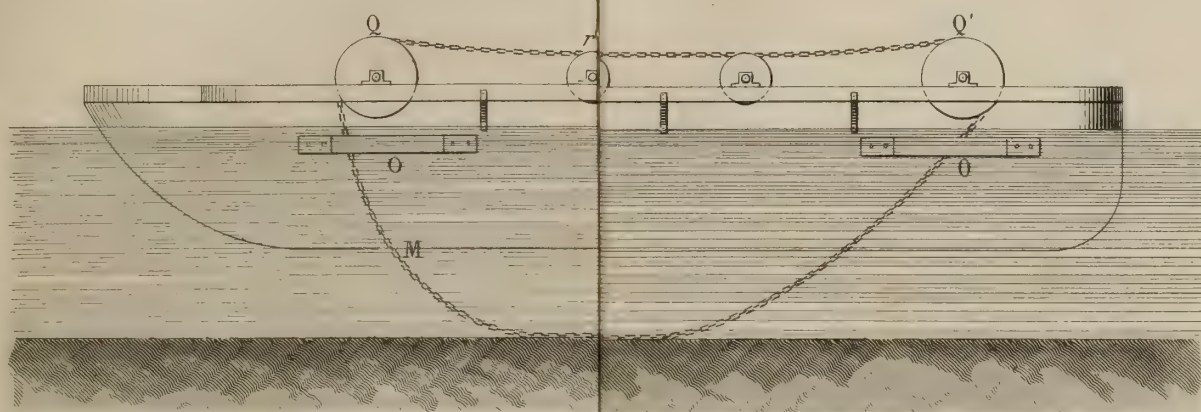


Fig. 1

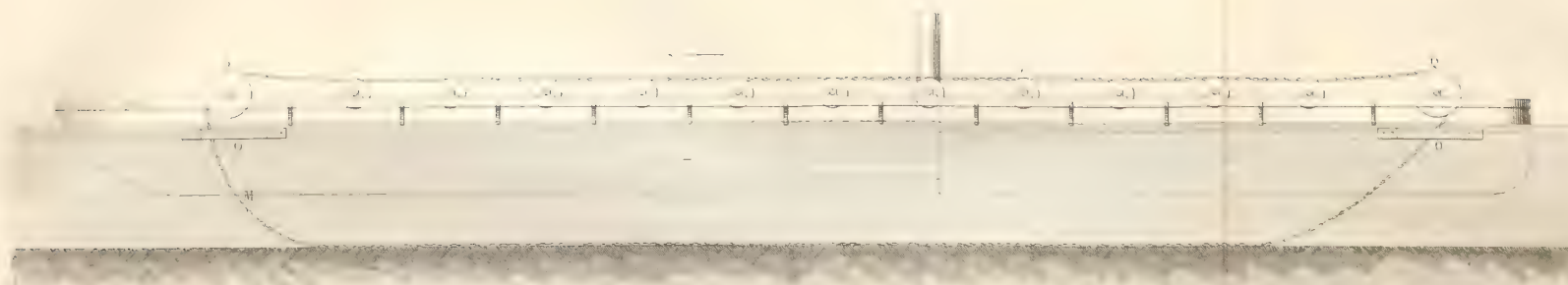


Fig. 2

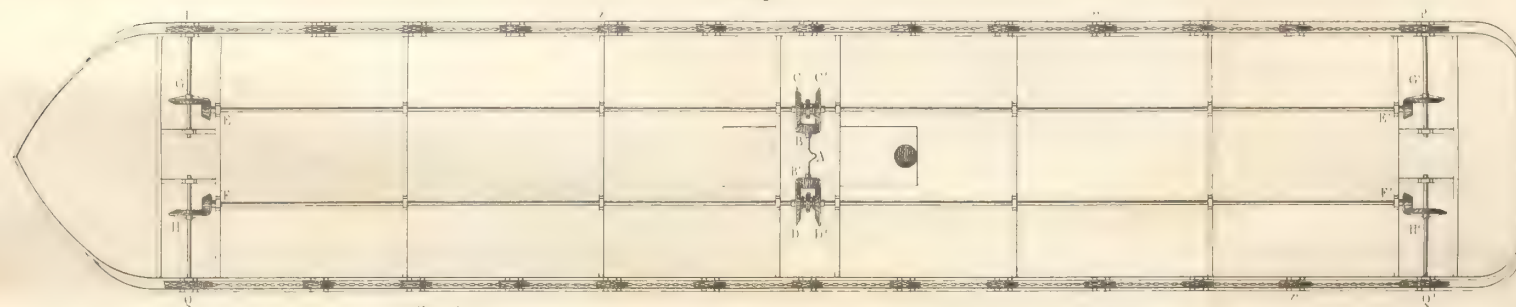


Fig. 3

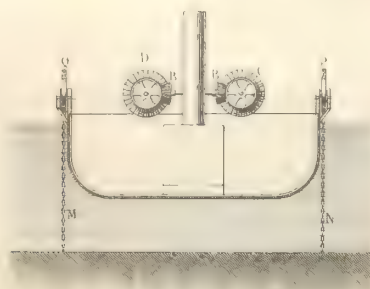
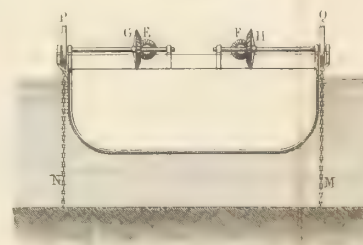


Fig. 4



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Mètres

reçu, en 1825, une médaille d'or de la Société d'encouragement, comme ayant produit, au concours ouvert par elle, la meilleure machine à tailler les verres d'optique sous une forme absolument géométrique.

Signé TRESCA, rapporteur.

Approuvé en séance, le 25 février 1863.

LÉGENDE DE LA PLANCHE 276 REPRÉSENTANT LE SYSTÈME DE TOUAGE PAR CHAÎNE ADHÉRENTE DE M. W. STEWART.

Fig. 1. Élévation longitudinale montrant la chaîne en mouvement dans ses guides et sur ses poulies.

Fig. 2. Vue du bateau en plan, avec indication de la machine motrice et des transmissions de mouvement.

Fig. 3. Coupe transversale faite par le milieu du bateau.

Fig. 4. Autre coupe transversale faite par l'un des axes des poulies principales.

A, arbre moteur mis directement en mouvement par la machine motrice.

B, B', pignons calés sur cet arbre et tournant toujours avec lui.

C, C', D, D', roues dentées pouvant, au moyen d'un embrayage intermédiaire, être rendues libres ou être engrenées avec la denture des pignons B, B'.

E, E', F, F', pignons respectivement solidaires avec les roues dentées qui viennent d'être indiquées.

G, G', H, H', roues d'angle correspondantes, calées sur les arbres des poulies principales.

P, P', Q, Q', poulies principales pouvant entraîner la chaîne correspondante dans leur mouvement.

r, r, galets servant à guider la chaîne dans son parcours.

M, N, chaînes motrices.

O, O, guides dans lesquels la chaîne M est obligée de passer en montant ou en descendant.

Par des dispositions ultérieures, M. Stewart se propose :

1° D'employer, au moyen de poulies à plusieurs gorges, un plus grand nombre de chaînes, dans le cas où deux chaînes seulement ne fourniraient pas l'adhérence nécessaire;

2° D'allonger à volonté les chaînes sans fin, en les faisant passer, au centre du bateau, sur une série de poulies établies sur des montants qui peuvent être allongés ou raccourcis suivant la profondeur du canal, ou par d'autres moyens analogues;

3° De permettre à ses bateaux de naviguer en rivière, au moyen d'hélices placées latéralement et abritées chacune dans une échancrure de la coque;

4° De modifier la construction de l'embrayage, et de le munir des tringles de transmission nécessaires pour que l'embrayage et le débrayage de chacun des arbres puissent être effectués, de sa place, par l'homme qui tient la barre du gouvernail.

RAPPORT fait par M. PHILLIPS, au nom du comité des arts mécaniques, sur un mémoire intitulé, DE LA TRACTION DES BATEAUX FONDÉE SUR LE PRINCIPE DE L'ADHÉRENCE, présenté par M. BEAU DE ROCHAS, ingénieur attaché aux chemins de fer du Midi, boulevard de Neuilly, 92, à Paris.

M. Beau de Rochas a présenté à la Société un travail important sur l'application du principe de l'adhérence à la traction des bateaux. De plus, son mémoire, en admettant le halage par la vapeur sur les canaux et sur les rivières canalisées, traite du halage par l'action du courant, ou, en d'autres termes, par l'*aquamotion*, sur les grands fleuves.

Au sujet de l'adhérence, le système étudié et proposé par l'auteur consiste à substituer à la chaîne noyée, fixée à demeure entre les deux points extrêmes de la voie à parcourir, dans le touage ordinaire, une chaîne sans fin, qui passe sur un bateau généralement toueur et porteur tout à la fois. Une portion de cette chaîne, d'une longueur suffisante pour produire l'adhérence nécessaire, repose sur le fond de l'eau. Elle est en rapport avec une poulie motrice et soutenue par un certain nombre de poulies de support.

M. Beau de Rochas ne revendique pas l'idée première de ce système ; au contraire, il énumère avec soin les diverses tentatives faites antérieurement sur ce sujet, en se livrant, sur chacune d'elles, à des critiques qui paraissent fondées. C'est ainsi que l'origine première du principe paraît remonter à un brevet pris en 1839 par un Bavaois du nom de Hoheberger, auquel on pourrait reprocher l'emploi d'une chaîne trop légère et l'oubli de quelques conditions pratiques fondamentales. L'auteur cite encore M. Clément Desormes qui, en 1847, prit à son tour un brevet. Il avait fait aussi des expériences sur le coefficient de frottement dans le glissement des chaînes. Du reste, celles qu'il projetait avaient des appendices en forme de grappins. En 1853, MM. Gatget et Moreaux se préoccupent des moyens de subvenir aux changements de longueur de la partie inférieure de la chaîne en raison des variations de la profondeur, ainsi que des difficultés opposées par la chaîne à la manœuvre du gouvernail. Ils emploient, pour satisfaire au premier point, un appareil nommé tendeur, qui, en faisant mouvoir horizontalement et dans le sens de l'axe du bateau la poulie de retombée, permet d'avoir toujours une portion suffisante de chaîne en contact avec le fond. Pour faciliter la manœuvre du gouvernail, la chaîne passe, dans le puits d'arrière, sur une poulie qui peut se déplacer transversalement à droite ou à

gauche. Enfin, en 1859 et 1860, M. Regnault se fait breveter dans le même but. Dans l'un de ses brevets, il emploie deux gouvernails flottants, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière.

On conçoit aisément la persistance des efforts tentés pour rendre pratique ce principe de l'adhérence, quand on songe, d'une part, à la différence considérable qui, dans un grand nombre de circonstances, existe entre le capital d'établissement d'une chaîne fixe et celui des chaînes sans fin qui répondraient au nombre de bateaux toueurs nécessaires pour un trafic donné; et, ensuite, à cette considération, que cette dépense première, au lieu d'être effectuée dès l'origine et *a priori*, ne l'est que successivement et, pour ainsi dire, toujours proportionnellement au tonnage transporté. Aussi peut-on comprendre, dès à présent et avant toute discussion, qu'il serait fort intéressant que le système de M. Beau de Rochas fût essayé en grand, du reste, avec toute la prudence et la réserve dont on ne doit jamais se départir en appliquant des combinaisons mécaniques nouvelles. Au surplus, c'était aussi la conclusion de l'excellent rapport présenté, il y a quelques mois, par notre regretté collègue, M. Faure, à la Société des ingénieurs civils.

Passons maintenant à l'analyse plus détaillée du mémoire en question.

M. Beau de Rochas consacre une section de son travail à l'exposé théorique des principes sur lesquels repose son système. Toute cette partie est fort bien traitée, à part quelques erreurs de détail sans importance sur les résultats généraux et essentiels, et révèle, chez l'auteur, de l'habitude et de l'habileté à se tirer des difficultés mathématiques.

En premier lieu, il s'occupe du principe de l'adhérence et de ce qu'il appelle la cinématique funiculaire. Il est ainsi conduit à l'étude de la chaînette, dont la courbe représente la forme qu'affectent les diverses portions suspendues de la chaîne, soit au-dessous, soit au-dessus du bateau. Pour éluder les difficultés résultant de la forme transcendante de l'équation de la chaînette, il ramène, par des considérations simples, toutes les déterminations à faire à celle des éléments de chaînettes ayant l'unité pour module ou paramètre, c'est-à-dire présentant à leurs extrémités une tension égale au poids par unité de longueur. Pour ces dernières, qui ne diffèrent que par leurs flèches, il indique la manière d'en obtenir les éléments par des formules élémentaires. On peut ainsi composer des tables qui permettent d'avoir très-aisément les éléments d'une chaînette de module quelconque.

Ces préliminaires posés, voici les principales questions à résoudre et qu'il résout effectivement :

Déterminer la distance des poulies extrêmes, ainsi que la longueur de chaîne suspendue entre elles, pour une profondeur d'eau moyenne, de

manière à en avoir une longueur suffisante reposant sur le sol; chercher ensuite comment, quand la profondeur change, la longueur de chaîne en contact avec le fond vient elle-même à varier, afin de voir si l'on a toujours assez d'adhérence.

Comme ce problème, dans toute sa généralité, est indéterminé, l'auteur, comme condition accessoire, s'est donné celle que le brin pendant d'avant soit vertical pour la profondeur d'eau moyenne.

Il est important que, tout en ayant la longueur voulue pour l'adhérence, la portion de chaîne reposant sur le sol soit néanmoins le plus courte possible, afin d'atténuer la résistance qu'elle oppose à l'action du gouvernail, car on ne peut se dissimuler que ce ne soit là un des principaux, sinon le principal inconvénient du nouveau système. Pour obtenir ce résultat au moins dans de certaines limites, l'auteur profite des portions de chaîne soutenues en retour par un certain nombre de poulies de support au-dessus du bateau, et il les utilise comme un magasin qui reçoit une certaine longueur de chaîne quand la profondeur d'eau diminue ainsi que la tension du brin pendant d'avant, et qui, au contraire, en restitue lorsque la profondeur augmente et que le brin d'avant se tend davantage. A ce sujet, il appelle, et avec raison, l'attention sur une précaution qui conduit à certaines dispositions, ainsi qu'on va le voir.

Dans le cas où la poulie motrice est simplement comprise entre deux poulies extrêmes de support, ce qui a lieu quand il faut pouvoir marcher indifféremment dans les deux sens, il n'y a rien de particulier. La chaîne est réglée de manière que, pour la profondeur d'eau moyenne, le brin pendant d'avant soit vertical, puis le premier intervalle, le retour, soit celui entre la poulie extrême de support et celle motrice, est établi sous la forme de chaînette de tension minima. On se rend compte aisément que, quand la profondeur augmente, elle abandonne de la chaîne au brin pendant d'avant et que, dans le cas contraire, elle en absorbe, ainsi que cela doit être.

Observons ici que la chaînette de tension minima est celle qui, parmi toutes les courbes de cette espèce que l'on pourrait établir entre deux points donnés, a la tension extrême la plus faible, tension inférieure tout à la fois à celle des chaînettes de plus grande flèche comme à celle des chaînettes de plus petite flèche.

Or voici le point auquel il est essentiel d'avoir égard, lorsqu'on a plusieurs intervalles consécutifs de retour de chaîne entre la poulie extrême d'avant et la poulie motrice, ce qui a lieu quand cette dernière est à l'arrière et qu'il y a plusieurs poulies de support. Supposons tous ces intervalles bien tendus et que la profondeur diminue. Les flèches de toutes les chaînettes

de retour croîtront d'abord simultanément jusqu'à ce que celles-ci aient atteint la position qui correspond à la tension minima. A partir de cet instant, la profondeur diminuant toujours, la flèche de la première chaînette de retour, de celle qui vient immédiatement après le brin pendant d'avant, augmente, et sa tension, devenant prépondérante, fait diminuer la flèche des autres chaînettes de retour, en diminuant d'autant la longueur de chaîne rentrée entre les poulies extrêmes. Pour éviter cet inconvénient, M. Beau de Rochas donne plusieurs indications; par exemple, de placer, au-dessous des chaînettes de retour, des lignes de galets qui les empêchent de s'abaisser au-dessous de la flèche correspondant à la tension minima, ou bien encore, ce qui serait peut-être plus simple, de régler les chaînettes de retour de manière à ce qu'elles aient la forme d'où résulte la tension minima pour les plus petites profondeurs, de manière que, quand cette dernière augmente, toutes ces chaînettes se tendent avec une diminution de flèche.

L'auteur étudie avec des détails circonstanciés la question du passage dans les courbes au moyen du gouvernail, question, en effet, capitale pour son système. A part une erreur sans importance dans le calcul de l'angle donnant le maximum d'effet utile du gouvernail, cette partie est bien traitée au point de vue théorique. En appliquant les formules du mémoire à certaines parties de la Sambre canalisée dans lesquelles le rayon varie de 45 à 100 mètres, on trouve qu'une seule péniche toueuse passerait facilement avec une longueur d'appui de la chaîne qui pourrait varier de 5 à 20 mètres. Mais, si l'on veut que la péniche toueuse puisse remorquer une autre péniche simplement porteuse, il faut alors que la première soit, en outre, munie d'un second gouvernail à l'avant.

M. Beau de Rochas a aussi étudié, ainsi que cela a été dit plus haut, par des considérations théoriques, l'application du principe de l'aquamotion, comme donnant la force motrice dans les cours d'eau, par l'action du courant. Il existe dans les leçons de Navier, à l'École des ponts et chaussées, une exposition sommaire de cette théorie. Le mémoire, soumis actuellement à la Société, complète uniquement cette théorie, en y introduisant l'influence de la composante du poids du bateau dans le sens de la pente, laquelle peut, dans certains cas, n'être pas négligeable. On y trouve un tableau qui fait connaître les différentes combinaisons de surface des aubes et de diamètre des roues propres à donner, dans tous les cas, la vitesse d'impulsion maxima. Mais il est à remarquer que, pour des diamètres de roues croissant d'une manière très-lente, la surface correspondante des aubes augmente d'une manière infiniment plus rapide, de sorte qu'il est probable que cette considé-

ration devrait souvent déterminer à fixer les éléments de construction des roues de manière à ne pas viser à obtenir le maximum de vitesse.

M. de Rochas a appliqué ses déductions théoriques à trois questions principales : 1° le halage par adhérence à la vapeur sur les canaux du Nord ; 2° le halage par adhérence à la vapeur sur les rivières et spécialement sur la basse Seine, entre le Havre, Rouen et Paris ; et 3° le halage par adhérence, avec l'action du courant comme force motrice, sur les fleuves à courant rapide et particulièrement sur le Rhône.

Après avoir établi les conditions précaires de la batellerie du Nord avec le halage par les chevaux, il examine avec soin le système de touage dans les canaux avec chaîne fixe immergée de M. Bouquié, et, tout en rendant hommage au talent avec lequel cette méthode a été conçue et appliquée par son inventeur, il conclut en opinant pour un prix de revient de la traction aussi élevé que dans le système actuel, soit, dans les deux cas, environ 550 à 560 francs pour un voyage, aller et retour, de Mons à la Villette, d'une péniche chargée de 230 tonnes de houille. M. de Rochas établit ensuite son prix de revient comparé, avec l'application du halage par adhérence. Il obtient ainsi le chiffre de 300 francs par péniche de 230 tonnes transportées de Mons à Paris.

Les éléments de ce prix de revient sont basés principalement sur les considérations suivantes. Une péniche halée par 4 chevaux prend une vitesse de 3,600 mètres par heure. Il en conclut 12 chevaux pour force de la machine de la péniche toueuse devant remorquer deux autres péniches. En comptant l'effort de traction à 50 kilogrammes par cheval, il atteindrait un total de 600 kilogrammes. Dans les passages difficiles et notamment dans les courbes, la force nécessaire peut monter au double, soit 1,200 kilogrammes. En évaluant l'adhérence à $\frac{1}{3}$ du poids, on serait ainsi conduit à 3,600 kilogrammes de chaîne reposant sur le fond, soit environ 600 kilogrammes par mètre courant pour une longueur d'appui de 6 mètres, qu'il convient de ne pas dépasser, afin de pouvoir tourner dans les plus petites courbes. On arrive ainsi à 10,000 à 12,000 kilogrammes pour le poids approximatif de la chaîne sans fin d'une péniche toueuse.

Des considérations analogues s'appliquent aux conditions d'établissement du halage à vapeur par adhérence sur les rivières, par exemple sur la basse Seine, entre le Havre et Paris. M. Beau de Rochas conclut, par comparaison avec les données du système de touage actuel, qu'un bateau chaland muni d'une machine de 20 chevaux remorquerait deux autres chalands, chacun de ces trois bateaux étant chargé d'un poids de 400 tonnes. Il arrive de cette

façon à 467 francs pour prix de revient de la traction par chaland et par voyage complet.

L'auteur a appliqué, ainsi qu'il a été dit plus haut, les formules théoriques de l'aquamotion à quelques exemples, dont le principal est la navigation sur le Rhône. Si ses prévisions venaient à se réaliser d'une manière absolue, on obtiendrait, par cette pratique, des résultats très-avantageux. Dans le cas extrême, qu'il traite avec détail, d'un convoi de 30 bateaux susceptibles d'être chargés chacun de 500 tonnes, soit en tout 15,000 tonnes, conduit par un seul remorqueur, il arrive à un prix de revient de 7,500 francs pour le convoi, soit 250 francs par bateau, de l'embouchure du Rhône à Lyon, et à une recette de 30,000 francs pour 10,000 tonnes. Il est à remarquer seulement qu'il est conduit, d'une part, en raison de l'adhérence, à un poids de chaîne sans fin de 350 tonnes, dont 150 tonnes reposant sur le fond, et ensuite à une installation d'au moins 20 paires de roues à la suite les unes des autres sur le remorqueur, et cela encore en ne tenant pas compte des pertes de force vive que le courant doit très-vraisemblablement éprouver dans leur intervalle.

Tel est l'exposé des points principaux étudiés dans le mémoire de M. Beau de Rochas. On ne peut méconnaître que ces diverses questions n'y soient traitées avec un talent très-réel. L'auteur, entraîné par son sujet, s'est peut-être trop laissé aller à son imagination, et il a voulu en déduire des conséquences et des applications extrêmes dans lesquelles nous ne croyons pas devoir le suivre. Néanmoins, le principe de l'adhérence, étudié à fond et bien présenté comme il l'est, mérite incontestablement d'être expérimenté. Il en est peut-être de même de celui de l'aquamotion. Dans des questions de cette nature, où des éléments si complexes viennent apporter dans l'application leur part d'influence, nous ne croyons pas devoir être aussi affirmatif que M. de Rochas et préciser les éléments économiques de la question, non plus que le prix de revient de la traction, dans les différents cas qu'il a examinés. Il serait même téméraire de garantir à priori le fonctionnement rationnel et convenable de ce système. Quel sera, au juste, le coefficient de l'adhérence, relativement au poids de chaîne reposant sur le sol? Quelle perte de travail résultera des résistances passives négligées par l'auteur, et provenant tant de la charge de la chaîne sur les poulies que de sa roideur? Comment une chaîne très-lourde se comportera-t-elle au fond de l'eau? La vase et les herbes qu'elle peut entraîner ne gêneront-elles pas son fonctionnement? Ne peut-il pas y avoir glissement des poulies et de la chaîne, et celle-ci prendra-t-elle bien toujours, en tous ses points, la forme théorique? Toutes ces questions ne peuvent être résolues que par l'expérience.

Dans l'étude des effets du gouvernail ainsi que de ceux de l'aquamotion, les formules de l'hydraulique employées par l'auteur contiennent un certain nombre de coefficients numériques que l'on ne peut pas regarder comme parfaitement déterminés. De plus, dans l'étude de l'aquamotion, il n'a pas été tenu compte des pertes de force vive que l'eau doit éprouver en passant d'une roue à aubes à la suivante.

Il y aurait encore probablement d'autres réserves à faire au point de vue de la pratique. Mais néanmoins il reste, en faveur de ce système, le très-grand avantage d'une économie probablement importante comme capital d'établissement, résultant d'un poids de chaîne beaucoup moindre que dans le touage ordinaire par chaîne fixe immergée. Nous pensons donc qu'en raison de cette circonstance il serait très-intéressant que la nouvelle méthode fût expérimentée avec la prudence et les précautions commandées tant par la nouveauté de cette application que par les éléments complexes qui peuvent, à des degrés divers, influencer sur le résultat.

Votre comité des arts mécaniques a l'honneur, Messieurs, de vous proposer 1° de remercier M. Beau de Rochas de son importante communication; 2° d'ordonner l'insertion du présent rapport dans le *Bulletin* de la Société.

Signé PHILLIPS, rapporteur.

Approuvé en séance, le 1^{er} juillet 1863.

GNOMONIQUE.

RAPPORT fait par M. le baron E. DE SILVESTRE, au nom du comité des arts économiques, sur UN NOUVEL ANNEAU ASTRONOMIQUE OU CERCLE ZÉNITHAL, par M. HENRI ROBERT fils, rue de Chabannais, 2.

Messieurs, au mois de juillet de l'année dernière, le comité des arts économiques vous a fait un rapport sur un procédé graphique imaginé par M. Henri Robert pour satisfaire à certaines questions dépendantes de la résolution des triangles horaires, et pour donner, en particulier, l'heure sans calculs, en observant une seule hauteur du soleil. Ce rapport a été inséré dans votre *Bulletin*, avec figures et légende explicative (1).

Aujourd'hui, afin de compléter son premier travail, M. Robert soumet à

(1) Voir *Bulletin* de 1862, 2^e série, t. IX, p. 385.

votre appréciation un nouvel instrument de son invention, destiné à prendre la hauteur du soleil, et qu'il appelle *cercle zénithal*.

En mer, les navigateurs prennent la hauteur des astres au moyen d'instruments spéciaux qu'ils tiennent et doivent tenir à la main, à cause de la mobilité du navire, et dont le maniement leur est facile par suite de l'usage journalier qu'ils en font. Mais, sur terre, les personnes étrangères à la vie maritime, qui n'ont que de rares occasions de se servir de ces sortes d'instruments, trouvent que l'emploi en est incommode et difficile, qu'il exige un temps trop long, d'où résulte naturellement une exactitude douteuse dans les résultats obtenus. On préfère se servir, selon l'habitude qu'on a, d'instruments qu'on peut poser sur un point d'appui, et arriver, par là, à donner aux observations, rendues plus faciles, une attention plus grande, plus de soin et de précision.

C'est un instrument de ce genre que M. Robert vient d'imaginer pour l'usage de ceux qui expérimentent à terre, et sur lequel vous avez chargé votre comité de vous faire un rapport. Voici en quoi consiste le cercle astronomique en question :

Un anneau de métal A B C (fig. 1, pl. 277) est suspendu librement sur la pointe d'un support D D, de manière que le diamètre passant par le point de suspension D soit vertical. Un lest E E reposant, au moyen d'une pointe, sur la partie inférieure de l'anneau, et dont le but est d'empêcher les oscillations de l'appareil, plonge dans un vase rempli d'eau.

Si, maintenant, en un point A de l'anneau (fig. 2) situé au demi-quart de la circonférence, à partir du point de suspension, nous menons une horizontale A F et une verticelle A G; si en outre, du point A, comme centre, nous décrivons, entre ces lignes, un quart de cercle F G tangent à la circonférence de l'anneau, il est clair qu'un rayon solaire H I passant par une petite ouverture faite à l'anneau au point A indiquera la hauteur du soleil sur ce quart de cercle supposé divisé et convenablement orienté. Or, d'après les premiers éléments de géométrie, on voit que cette même hauteur sera également indiquée, par le rayon solaire, sur la partie divisée de l'anneau comprise entre les côtés du quart de cercle F G.

L'ouverture par laquelle passe le rayon solaire est munie, dans l'appareil de M. Robert, d'une lentille dont le foyer est à une distance égale au diamètre de l'anneau. Il suivrait de là que, à différentes hauteurs de l'astre, l'image du soleil aurait, sur le cercle divisé, une grandeur variable. Mais, comme les observations se font toujours dans des instants assez courts et lorsque, dans l'intérieur du cercle, le rayon lumineux approche de sa plus

grande longueur, il s'ensuit que l'erreur qu'on pourrait craindre devient tout à fait insignifiante (1).

M. Robert a employé la division de 180° pour la circonférence de l'anneau ; mais il n'a divisé que les parties comprises entre A et B, et entre C et B (fig. 1), le nombre de $67^\circ 30'$ étant plus que suffisant pour les observations auxquelles l'instrument est destiné.

Le rayon solaire ne frappe jamais que les divisions qui lui sont opposées dans la partie C B de l'anneau ; celles qui se trouvent marquées du côté A B ne servent, au besoin, que pour vérifier si le diamètre de l'anneau passant par le point de suspension est bien vertical. Pour opérer cette vérification, on approche d'une des divisions, du côté C B, une pointe horizontale qui demeure fixe ; et, en faisant ensuite tourner l'anneau autour de son point de suspension, il faut que la pointe marque sur le côté A B le même nombre de degrés qu'on a observé sur C B.

Pour pouvoir aisément équilibrer l'instrument, M. Robert a ajouté à l'extrémité du diamètre horizontal de l'anneau, et du côté de la lentille, une plaquette en métal dont le poids peut être réduit à volonté et peu à peu de manière à amener le diamètre vertical dans sa position normale.

Chacun des degrés de l'instrument est divisé en quatre parties de quinze minutes, et M. Robert eût pu facilement aller plus loin ; mais il a pensé, avec raison, que, pour un œil exercé, une plus grande subdivision devenait inutile.

Au moment où l'image du soleil, couvrant trois lignes de la division (fig. 3), il y a égalité parfaite entre les deux segments de l'image qui sont en dehors des deux lignes extrêmes, le centre de l'image se trouve évidemment sur la ligne du milieu, et cette ligne indique, par conséquent, la hauteur du soleil (2).

Mais, pour obtenir un résultat plus rigoureux, il convient d'opérer d'une autre manière, ainsi que le fait M. Robert.

On constate, au moyen d'une montre, le moment où l'image du soleil est

(1) On sait qu'en général on ne peut observer la hauteur du soleil, d'une manière utile, qu'à de certaines heures de la journée. Lorsque l'astre est trop près de l'horizon ou qu'il s'approche trop du méridien, l'observation, pour des causes différentes, est difficile et sujette à erreurs. Il faut donc, pour expérimenter, choisir les moments les plus favorables, c'est-à-dire ceux où le soleil, après son lever ou avant son coucher, se meut assez rapidement et où, par conséquent, l'instrument accuse une assez grande sensibilité.

(2) L'image du soleil embrasse toujours plus de deux divisions, puisqu'elle est de $32'$, et que chaque division n'est que de $15'$.

tangente, par son bord inférieur, à une des lignes de division, ab par exemple (fig. 4); puis, le soleil s'élevant, l'image descend, et on constate de nouveau le moment où elle est tangente, par son bord supérieur, à la ligne de division cd . Il est clair que la ligne intermédiaire ef coupera en deux parties égales la petite ligne qui joindra les centres des deux images observées, et que, par conséquent, le centre de l'image a passé sur cette ligne ef à moitié du temps écoulé entre les deux observations. Cette ligne ef indiquera donc la hauteur du soleil à l'heure moyenne des deux observations. Reste à trouver par le calcul, et plus commodément par le procédé graphique de M. Robert, l'heure vraie et, par suite, l'heure moyenne correspondant à la hauteur obtenue.

En faisant même plusieurs observations successives qui se contrôleront mutuellement, on pourra obtenir une moyenne qui donnera le résultat définitif cherché avec une approximation beaucoup plus grande, et d'autant plus grande qu'on aura mieux observé.

Il est évident que, pour donner des résultats satisfaisants, l'instrument doit être construit et équilibré avec le plus grand soin; aussi M. Robert, aidé de son père dont les connaissances spéciales et la longue pratique dans la construction des instruments de précision vous sont connues, a-t-il porté toute son attention sur ce point important. Votre comité pense que le cercle zénithal qui vous est aujourd'hui présenté est un instrument simple, d'un maniement facile, d'une précision suffisante et parfaitement approprié à l'usage auquel il est destiné (1).

En conséquence de ce qui précède, nous avons l'honneur de vous proposer, Messieurs, de remercier M. Robert de son intéressante communica-

(1) L'invention des anneaux astronomiques n'est pas nouvelle. Il n'y a pas encore deux siècles, on employait exclusivement, dans la marine, un instrument appelé *astrolabe*, qui servait à obtenir la hauteur du soleil, et même directement l'heure; mais cet instrument, d'une construction compliquée, d'un prix élevé, d'une vérification difficile, et qui ne donnait, en définitive, que des résultats très-peu exacts, a été complètement abandonné lors de la découverte de l'octant et du sextant. Plusieurs autres anneaux astronomiques qui, depuis, ont encore été construits tant en France qu'en Allemagne n'ont pas eu un sort plus heureux, pour des raisons semblables à celles qui ont fait tomber l'astrolabe. D'ailleurs, à une époque où l'usage des instruments de précision rendait les observateurs de plus en plus exigeants, il devenait impossible de continuer à se servir d'appareils qui ne donnaient que des résultats grossiers ou tout au moins peu satisfaisants. L'instrument de M. Robert, simple, d'une vérification aisée, d'une construction extrêmement soignée, d'un emploi facile, et qui peut justement prendre rang parmi les instruments de précision, remplace donc avec avantage les appareils analogues qui ont été proposés jusqu'ici.

tion et d'ordonner l'insertion du présent rapport dans le *Bulletin*, avec les figures nécessaires à l'intelligence de l'instrument.

Signé E. DE SILVESTRE, rapporteur.

Approuvé en séance, le 3 juin 1863.

LÉGENDE DE LA PLANCHE 277 REPRÉSENTANT LE CERCLE ZÉNITHAL DE M. ROBERT FILS.

Fig. 1. Vue de l'instrument tout monté.

Fig. 2, 3, 4 et 5. Épures de démonstration.

Fig. 6. Section verticale et plan à une échelle amplifiée de la lentille du cercle zénithal et de l'anneau dans lequel elle est montée.

A B C, anneau ou cercle zénithal en laiton, muni en A d'une petite lentille et portant intérieurement un limbe gradué.

D D, support sur lequel l'anneau est suspendu librement.

D', vase cylindrique rempli d'eau auquel le support est attaché, et servant de pied à l'appareil.

E, lest plongeant dans l'eau du vase D', et supporté par une tige qui sert à le suspendre au cercle zénithal dans le but de diminuer ses oscillations.

M, fourche composée de deux fils de laiton très-minces et très-flexibles, montés verticalement sur un pied N; c'est un guide qu'on place près du vase D' dans la position qu'indique la figure 1, et à l'aide duquel on fait tourner légèrement l'anneau sur son point de suspension de manière à amener du côté du soleil la petite lentille A et à permettre à l'image de l'astre de tomber sur le limbe gradué.

Nous n'insistons pas sur ces détails déjà contenus en partie dans le rapport précédent.

Graduation du limbe. — La graduation du limbe intérieur de l'anneau commence en C, c'est-à-dire à partir de la corde horizontale menée par le centre optique de la petite lentille placée en A. Supposons un rayon solaire de direction H I (fig. 2), l'angle C A I, qui est celui que le soleil fait avec l'horizon, aura pour mesure l'arc C I; donc cet arc mesurera la hauteur du soleil, et le nombre de degrés qu'il indiquera sera une fraction de 90; car l'angle C A G est un angle droit dont le sommet est à la circonférence, et par conséquent l'arc qu'il comprend doit être de 90 degrés.

Chaque degré du limbe est divisé ordinairement en quatre parties de la valeur de 15 minutes; mais, pour les grands anneaux de 0^m,25 de diamètre, la division est faite de 10 en 10 minutes, soit 6 divisions pour chaque degré.

De l'instant du jour le plus convenable pour observer et des différentes méthodes d'observation. — L'instrument étant monté convenablement et placé sur l'appui d'une fenêtre ou sur une table exposée au soleil, on prendra, pour constater la hauteur de l'astre, l'instant du jour où cette hauteur augmente ou diminue le plus rapidement,

Fig. 1.

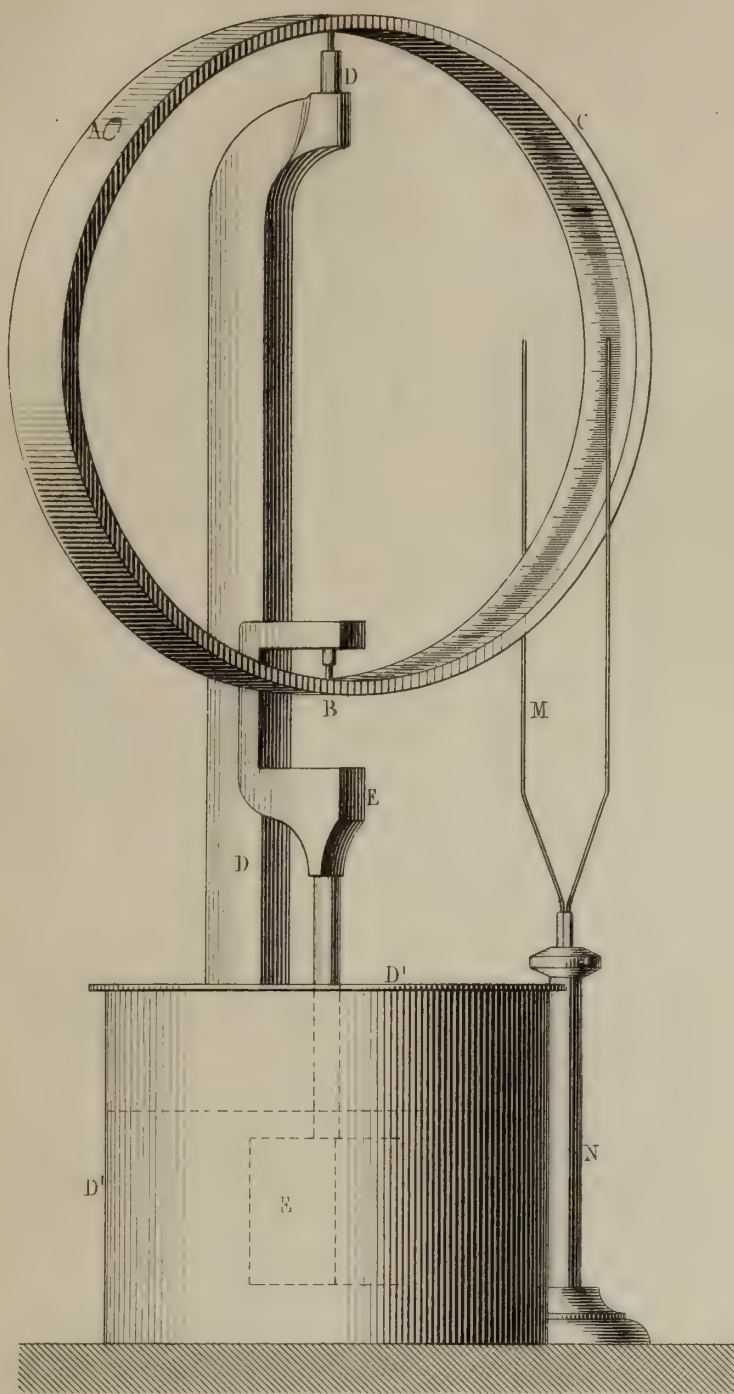


Fig. 3.

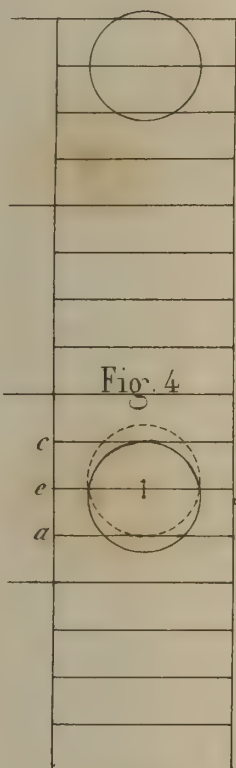


Fig. 4.



Fig. 6.

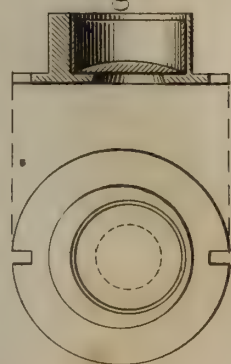
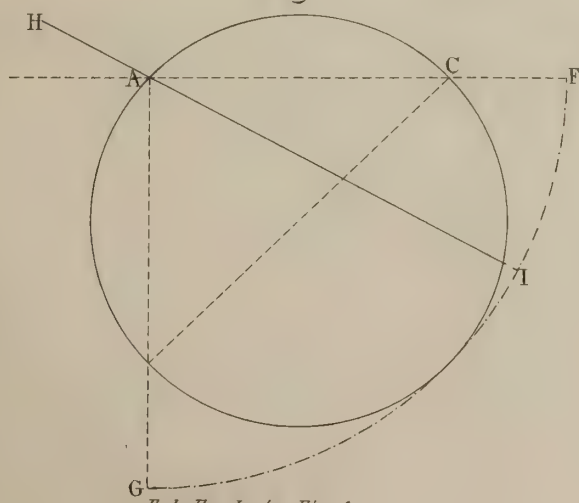


Fig. 2.



Echelle de la Fig. 1.

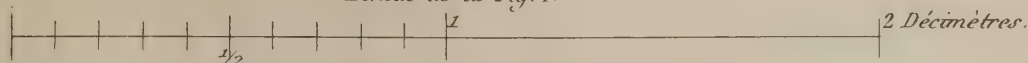
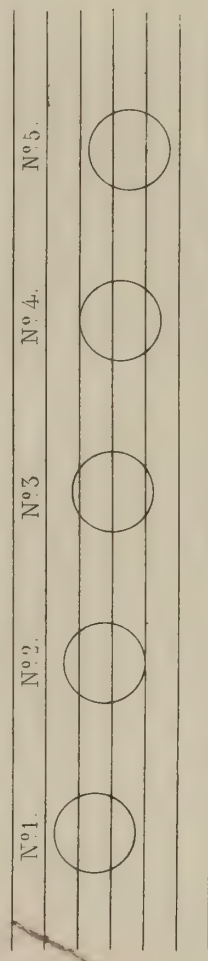


Fig. 5.



c'est-à-dire lorsque le soleil est à l'est ou à l'ouest, et qu'il se rapproche ou s'éloigne du méridien, soit pour le matin de huit à dix heures, et pour le soir de deux à quatre. Cela posé, M. Robert propose différentes méthodes d'observation dont la plupart ont déjà été décrites dans le rapport, en sorte qu'il nous suffira d'indiquer la dernière dont il n'a pas été question. Voici quelle est cette méthode :

La figure 5 représente cinq positions que l'image du soleil prendra successivement sur le limbe. Constatez et inscrivez l'heure, la minute et la seconde à chacune de ces positions ; faites la somme des temps et divisez par 5 ; l'heure de la hauteur moyenne de ces observations sera d'autant plus précise que chacune d'elles l'aura été. A la seule inspection de la figure on reconnaît que, si toutes les observations sont bonnes, l'instant de l'observation n° 3 devra être le même que celui de la moyenne des cinq, et que, si cette observation avait été manquée, la moyenne des quatre autres la remplacerait. L'avantage de cette méthode est de fournir cinq données pendant un changement de hauteur de 15 minutes seulement.

La hauteur du soleil étant déterminée, il devient dès lors facile d'avoir l'heure exacte au moyen de la carte horaire (1) qui a été décrite dans le t. IX de la 2^e série du *Bulletin* (1862). Cependant on peut encore arriver au même résultat sans le secours de cette carte, en opérant par une méthode dite *méthode des hauteurs égales*, laquelle présente le grand avantage de donner l'heure vraie immédiatement avec précision et sans aucun calcul. Elle est fondée sur ce fait, que le soleil ayant été observé à des hauteurs égales de part et d'autre du méridien, il a dû passer dans le plan de ce méridien à la moitié du temps écoulé entre les deux observations (2).

Détermination de l'heure par la méthode des hauteurs égales. — Avant midi et lorsque le soleil est parvenu à un certain degré de hauteur, constatez et notez l'heure, la minute et la seconde que marque la pendule dont on veut connaître l'état par rapport à celui du temps vrai. Après midi, constatez et notez également l'heure, la minute et la seconde de la pendule lorsque le soleil est revenu au même degré de hauteur ; à cet instant elle doit marquer moitié du temps écoulé entre les deux observations. Comptez alors le temps écoulé depuis la première observation ; prenez-en la moitié et vous aurez l'heure vraie. Ainsi, au mois de juillet, par exemple, on a constaté que la pendule marquait 10 h. 30' 10", et que le soleil était à une hauteur de... Dans l'après-midi, au moment où il est descendu à cette même hauteur, la pendule marquait 1 h. 29' 18". Le temps écoulé entre ces deux observations étant de 2 h. 59' 8", la moitié, qui est de 1 h. 29' 34", représentera l'heure vraie : or, au moment de la seconde observation, la pendule marquait 1 h. 29' 18" ; donc elle retarde de la différence, soit de 16".

(1) Au sujet de cette carte, M. Robert annonce qu'il se propose de publier une brochure spéciale, dans laquelle il indiquera l'usage qu'on peut en faire pour prendre l'heure pendant la nuit par la hauteur des étoiles, ainsi que des méthodes de calcul très-simples pour obtenir des résultats rigoureusement exacts.

(2) A des époques autres que celles des solstices, il faudrait tenir compte de la différence en déclinaison, si l'on voulait opérer avec une rigoureuse exactitude ; mais, pour l'horlogerie, cette différence est en général insignifiante.

Il faut remarquer que les observations du soleil ne donnent que le temps vrai et que, pour avoir le temps moyen, il est nécessaire de faire la rectification d'après les tables d'équation qu'on trouve soit dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes*, soit dans la *Connaissance des temps*. (M.)

IRRIGATIONS.

NOTE SUR LES EXPÉRIENCES RELATIVES A L'EMPLOI DES EAUX DANS LES IRRIGATIONS
SOUS DIFFÉRENTS CLIMATS, PAR M. HERVÉ MANGON,

Membre du comité d'agriculture (1).

Les eaux d'irrigation sont pour l'agriculture une source immédiate d'engrais qui, pour chaque centaine de mille mètres cubes d'eau employée, produit au moins l'équivalent d'un bœuf de boucherie. Le moindre de nos fleuves, quand ses eaux ne sont point utilisées en irrigations, entraîne donc à la mer, sans profit pour personne, la valeur de plusieurs têtes de gros bétail par heure et plusieurs milliers de têtes par année.

Personne n'ignore, d'ailleurs, que dans beaucoup de cas on a vu l'irrigation doubler, tripler et même décupler la force productive du sol et sa valeur.

L'utilité des irrigations ne saurait donc être douteuse, et l'on comprend dès lors tout l'intérêt qui s'attache à la solution des problèmes relatifs à ce puissant moyen d'améliorations agricoles.

Parmi ces problèmes, l'un des plus importants à résoudre et des plus controversés est celui de la détermination du volume d'eau véritablement nécessaire aux arrosages.

Les traités d'irrigation les plus connus et les plus appréciés sont principalement consacrés à l'étude des arrosages des pays chauds. Quiconque veut s'occuper de l'emploi des eaux en agriculture s'empresse de visiter l'Italie, l'Espagne et la Provence ; mais bien peu de personnes ont étudié en détail les arrosages de l'Angleterre, de l'Allemagne, des Vosges et du nord de la France. D'un autre côté, on admet généralement que le volume d'eau concédé pour une irrigation représente la consommation effective. Cette supposition est ordinairement très-inexacte, car les concessions sont calculées pour le plus bas étiage des cours d'eau, et par conséquent les débits réels sont de beaucoup supérieurs aux volumes concédés. Une erreur non moins grave, et cependant assez fréquente, consiste à calculer les volumes d'eau employés dans un grand système d'arrosage, sans tenir compte du nombre de passages de la même eau sur des parcelles différentes. Pour connaître exactement le volume d'eau versé sur un terrain, il faut, comme l'a fait l'auteur, suivre jour par jour les arrosages et ne pas se contenter d'une expérience isolée, exécutée en basses eaux comme on l'a pratiqué jusqu'à présent. Il résulte de ces observations et de plusieurs autres, trop longues à exposer ici, que l'opinion des personnes qui n'ont fait qu'une étude superficielle des arrosages tend à fixer trop bas la consommation de l'eau et à regarder les irrigations à

(1) Un volume grand in-8 avec planche. Paris, Dunod, 1863.

petit volume comme la règle générale, et l'emploi des grands volumes comme une rare exception, basée seulement sur une routine peu intelligente.

Pour se mettre à l'abri de ces causes d'erreur et se placer dans les conditions de la pratique, l'auteur a suivi pendant trois années les travaux d'irrigateurs habiles opérant les uns dans les Vosges, les autres dans le département de Vaucluse. Chaque jour on mesurait le volume d'eau employé, et on analysait l'eau à son entrée et à sa sortie des terrains. A la fin de la campagne, les récoltes étaient pesées et analysées.

Avant d'indiquer les résultats des observations faites dans les six terrains où ont été exécutées les expériences, il est utile de faire quelques observations sur les procédés de jaugeage applicables aux irrigations en général, et de décrire la méthode employée dans ces recherches.

Les renseignements donnés, par les auteurs qui se sont occupés d'irrigations, sur les volumes d'eau dépensés sont peu nombreux et souvent assez incertains. Le jaugeage des eaux courantes, et surtout celui des eaux d'irrigation, quand on veut étudier les derniers détails des opérations, présente en effet de sérieuses difficultés, exige beaucoup de temps et des précautions extrêmement minutieuses. C'est cependant le point de départ obligé de toute étude sérieuse sur la pratique et la théorie des irrigations.

Pour multiplier les expériences relatives aux quantités d'eau employées dans les irrigations, il convient de rechercher une méthode qui permette de mesurer l'eau qui passe en un point quelconque d'une rigole, petite ou grande, et cela, condition essentielle, sans modifier le régime de cette rigole, car on modifierait le régime de l'irrigation elle-même. La construction de chutes et de barrages pour faire des jauges directs, ou des jaugeages par déversoir, est donc presque toujours impraticable dans l'intérieur des terrains arrosés, et souvent même très-difficile à l'entrée et à la sortie des eaux.

Les vannes d'arrosage, quand par hasard elles sont bien construites, donnent un moyen de jaugeage des volumes d'eau considérables, à l'entrée; mais elles font ordinairement défaut à la sortie, et, dans tous les cas, elles ne permettent pas de suivre les détails de la répartition des eaux entre les nombreuses rigoles secondaires de la pièce.

La méthode des flotteurs s'applique bien sur les rigoles d'une certaine importance, quand le lit est rectiligne sur une assez grande longueur, que la section est parfaitement régulière sur cette longueur, et que la vitesse est comprise entre certaines limites. Mais ces conditions, on le conçoit, ne se réalisent que très-rarement dans la pratique; les rigoles d'irrigation sont presque toujours sinueuses, à sections irrégulières, et plus ou moins envahies par les herbes. En tous cas, la méthode des flotteurs est absolument inapplicable aux petites rigoles de dernier ordre.

Reste enfin le moulinet de Woltmann. Mais on sait combien l'emploi de cet instrument est difficile; il exige l'emploi d'un compteur à secondes, la présence de deux observateurs, des vérifications fréquentes de tarages, nécessitant des emplacements difficiles à trouver. Son volume seul serait un obstacle à son emploi dans les petites rigoles, dans lesquelles il produirait un véritable barrage.

Le tube de Pitot, perfectionné par M. Darcy, ne présente aucun des inconvénients des méthodes précédentes, et se prête en particulier de la manière la plus facile aux études d'irrigation.

L'instrument de M. Darcy, qu'il serait difficile de décrire sans figure, est fort simple et ne contient aucun mécanisme susceptible de dérangement. Il n'exige pas l'emploi de compteur, et la vérification de son tarage, pour déterminer la valeur du coefficient numérique, peut se faire avec facilité. Le petit volume des tubes permet de l'introduire dans le plus petit courant sans déranger le régime et sans former de remous. Ainsi, par exemple, dans la prairie de Saint-Dié, on a pu jauger la rigole du sommet d'un billon en quatre points de sa longueur, puis les deux rigoles de colature, et retrouver ainsi, à quelques litres près dans ces dernières rigoles, l'eau déversée sur les deux ailes de l'ados, en un mot suivre pas à pas, pour ainsi dire, le mouvement du liquide sur les moindres parcelles de la pièce arrosée. De même, on peut déterminer les pertes d'une rigole par infiltration de mètre en mètre, et ainsi de suite.

Le tableau suivant présente le résumé des observations de jaugeage rapportées dans l'ouvrage de M. Hervé Mangon.

Résumé des observations de jaugeage.

	TAILLADES (Vaucluse). Prairie.	TAILLADES (Vaucluse). Luzerne.	TAILLADES (Vaucluse). Haricots.	L'ISLE (Vaucluse). Prairie.	SAINT-DIÉ (Vosges). Prairie.	HABEAURUPT (Vosges). Prairie.
Nombres d'arrosages.....	13. h. '	11. h. '	6. h. '	5. h. '	8. h. '	6. h. '
Durée totale des arrosages sur la parcelle.	11.0 ' "	38.04 ' "	2.45 ' "	31.00 h. '	1178.00 h. '	2436.30 h. '
Durée moyenne des arros. sur la parcelle..	50.46 m. c.	3.28 m. c.	27.30 m. c.	6.12 m. c.	147.15 m. c.	406.05 m. c.
Volume d'eau entrée par hectare.....	16383.006	37959.224	5125.649	5402.289	1548661.23	4483722.43
Volume d'eau sortie par les colateurs, par hectare.....	3178.877	2001.172	0.0	326.366	1467207.75	3979405.35
Débit moyen pour la parcelle considérée pendant la durée de l'arrosage.....	lit. 26.56	lit. 25.76	lit. 7.973	lit. 4.570	lit. 278.700	lit. 544.200
Débit moyen pour la parcelle considérée pendant les saisons entières par hectare.	1.89	4.393	0.988	1.226	68.675	217.133
Débit moyen pour la parcelle considérée pendant l'hiver.....	"	"	"	"	101.285	312.835
Débit moyen pour la parcelle considérée pendant l'été.....	1.89	4.393	0.988	1.226	33.737	49.930

Les chiffres de ce tableau n'exigent, pour ainsi dire, aucun commentaire. Ils montrent combien sont différents les régimes d'arrosages du Midi et des Vosges. L'arrosage de la prairie de l'Isle, par exemple, n'emploie qu'une couche d'eau de 0^m,54 d'épaisseur, tandis que l'eau versée sur la prairie de Habeaurupt couvrirait le sol d'une couche d'eau de près de 400 d'épaisseur, si elle y était réunie à un moment donné. La différence du régime d'été au régime d'hiver, dans les arrosages des Vosges, mérite également d'être remarquée.

Ces énormes différences ne sont pas le résultat d'habitudes locales non motivées, comme on l'a quelquefois supposé. On verra, par ce qui suit, que ces pratiques sont d'accord avec les conditions de la végétation, et que l'on rendrait pour ainsi dire inutiles les irrigations des climats froids si l'on voulait leur appliquer les règlements adoptés dans le Midi pour l'usage des eaux.

L'influence sur la végétation de l'ammoniaque, de l'acide azotique et des gaz dissous dans les eaux d'irrigation ne saurait faire l'objet d'aucun doute, mais les quelques expériences isolées que l'on possédait ne permettaient pas d'apprécier quantitativement cette influence. Pour établir la statique chimique des cultures arrosées, il fallait des séries complètes de jaugeages et d'analyses portant sur une année entière. Les expériences consignées dans le travail que nous résumons ont donc mis en évidence plusieurs faits intéressants pour la pratique et la théorie des arrosages.

Il convient de réunir d'abord, dans le tableau suivant, les principaux résultats numériques des observations de l'auteur :

	PRAIRIE de Taillades.	LUZERNE de Taillades.	HARICOTS de Taillades.	PRAIRIE de l'Isle.	PRAIRIE de Saint-Dié.	PRAIRIE de Habeaurupt.
Volume total d'eau versé par hectare et par an.....	mc. 16383.006	mc. 37959.224	mc. 5125.649	mc. 5402.289	mc. 1548661.23	mc. 4483722.45
Débit continu correspondant par seconde et par hectare.....	lit. 1.89	lit. 4.393	lit. 0.988	lit. 1.126	lit. 68.675	lit. 217.133
Débit continu par seconde et par hectare, l'hiver.....	»	»	»	»	101.285	312.835
Débit continu par seconde et par hectare, l'été.....	»	»	»	»	33.737	49.93
Azote de l'ammoniaque et de l'acide azotique par litre d'eau d'entrée moyenne de l'année.....	mill. 1.583	mill. 1.522	mill. 1.773	mill. 1.580	mill. 1.380	mill. 1.194
Azote de l'ammoniaque et de l'acide azotique par litre d'eau de sortie, moyenne de l'année.....	1.002	1.021	»	1.363	1.247	1.136
Azote de l'eau d'irrigation fixé par hectare et par an.....	k. 23.442	k. 55.731	k. 9.090	k. 8.093	k. 207.880	k. 261.116
Rapport de l'azote fixé par litre à l'azote de l'eau d'entrée, moyenne de l'année.....	0.36	0.33	»	0.13	0.10	0.05
Rapport de l'azote fixé par litre à l'azote de l'eau d'entrée, moyenne de l'hiver.....	»	»	»	»	0.03	0.015
Rapport de l'azote fixé par litre à l'azote de l'eau d'entrée, moyenne de l'été.....	»	»	»	»	0.32	0.30
Azote du fumier.....	k. 121.884	k. 105.806	k. 87.662	k. 139.724	k. »	k. »
Azote de la récolte.....	184.345	431.537	103.961	165.857	70.861	102.057
Différence de l'azote de la récolte et de l'azote de l'eau et du fumier.....	+ 39.019	+ 271.280	+ 7.209	+ 18.410	- 135.684	- 155.994
Acide carbonique dissous par litre d'eau d'entrée, moyenne de l'année.....	cc. 4.87	cc. 4.30	cc. 6.1	cc. 11.3	cc. 1.40	cc. 1.13
Acide carbonique dissous par litre d'eau de sortie, moyenne de l'année.....	5.29	4.80	»	13.6	1.60	1.48
Oxygène dissous par litre d'eau d'entrée, moyenne de l'année.....	4.54	4.80	4.1	5.7	7.60	7.64
Oxygène dissous par litre d'eau de sortie, moyenne de l'année.....	3.78	4.20	»	1.7	7.10	7.22

Ce tableau donne lieu aux observations suivantes, qui terminent le travail de M. Hervé Mangon :

La différence essentielle de la pratique des arrosages dans le Midi et dans les régions plus froides résulte de la manière la plus frappante des premiers chiffres de ce tableau. Tandis que l'arrosage de l'une des cultures soumises aux essais a eu lieu dans le département de Vaucluse en employant le produit d'un débit continu de moins d'un litre par seconde et par hectare, une autre prairie, située dans les Vosges, a reçu le produit d'un débit moyen de 217 litres par seconde, qui dans l'été même s'élevait encore à près de 50 litres par seconde et par hectare.

Pendant l'hiver, les eaux sont, en général, assez abondantes pour suffire à tous les besoins; il n'y a pas à se préoccuper de leur emploi en grandes masses. Lorsqu'elles n'agissent pas par colmatage, elles servent alors beaucoup plus, sans aucun doute, à régulariser les conditions de température de l'herbe qu'à fournir aux plantes et au sol des matières fertilisantes; car elles n'abandonnent, en passant sur le terrain, que 1 à 3 pour 100 de leur azote combiné. Les remarques qui vont suivre s'appliquent donc essentiellement aux volumes d'eau employés pendant l'été.

La question principale posée à l'auteur était de rechercher les motifs des arrosages à grands volumes d'eau, et d'examiner s'il ne serait pas possible de se contenter partout des faibles dépenses de liquide constatées dans le Midi.

Cette question domine le régime pratique et administratif des arrosages dans notre pays; elle a été souvent agitée, sans recevoir, jusqu'à présent, de solution satisfaisante. Les cultivateurs du Nord maintenaient la nécessité de grands volumes d'eau sans pouvoir la justifier, et leurs adversaires leur opposaient des faits observés seulement dans des conditions de climat toutes différentes, et par conséquent impossibles à comparer à ceux qui faisaient l'objet de leurs critiques.

Les chiffres qui précèdent expliquent les procédés d'arrosage des pays froids, et fournissent des éléments précis de discussion aux défenseurs des arrosages à grands volumes.

Dans les irrigations du Midi, étudiées dans ce travail, les eaux n'apportent aux récoltes qu'une faible partie des matières fertilisantes nécessaires à leur développement, comme le montre le tableau précédent. Elles servent surtout à rafraîchir le sol et à rendre possibles les phénomènes d'absorption et d'évaporation, indispensables à la vie des plantes. L'importance de leur rôle, sous ce double rapport, dépend de l'hygroscopicité du sol et de l'ensemble de ses propriétés physiques.

Dans les pays plus froids, les eaux d'irrigation remplissent véritablement le rôle de producteurs d'engrais; elles fournissent toutes les matières fertilisantes nécessaires au développement des récoltes et à l'accroissement progressif de la richesse du sol.

Dans les expériences des Vosges, l'azote fixé par hectare de prairie, après l'enlèvement de la récolte, atteint au plus les chiffres de 135^k,6 ou de 155^k,9 portés au tableau. Ces chiffres eux-mêmes n'exprimeraient qu'un accroissement assez lent de la fertilité du sol : on voit donc qu'une réduction des volumes d'eau d'arrosage, pour peu qu'elle fût notable, rendrait insuffisante la proportion de matières fertilisantes

apportées par les eaux, et diminuerait les récoltes dans la même proportion, à moins qu'on ne remplace par une quantité équivalente de fumier le volume d'eau enlevée à la prairie.

On pourrait remarquer, il est vrai, que les eaux, en passant sur les prairies soumises aux expériences des Vosges, n'abandonnent que le tiers de l'azote combiné qu'elles renferment, et se demander si par un meilleur mode d'emploi des eaux on pourrait les dépouiller complètement, ce qui permettrait de réduire des deux tiers le volume employé. Il est facile de répondre à cette question. On dira d'abord que l'azote laissé dans les eaux d'irrigation n'est point perdu ; en continuant leur cours, elles s'enrichissent de nouveau et sont employées plus loin à d'autres arrosages. Mais il y a plus : il ne paraît pas possible, par la réduction du volume d'eau, de fixer une plus forte proportion d'azote de l'eau, car les prairies des Vosges, pendant les arrosages d'été, fixent un peu plus de 30 pour 100 de l'azote contenu dans les eaux qui les arrosent, c'est-à-dire sensiblement autant que les prairies de Vaucluse arrosées avec une si grande parcimonie.

Il semble donc que les plantes ne puissent plus rien dans les eaux dont la richesse en azote combiné descend au-dessous d'une certaine proportion, d'un certain titre de fertilité, si l'on peut s'exprimer ainsi. Ce fait, du reste, n'a rien d'étonnant ; il s'accorde avec les idées généralement admises sur l'influence exercée par le degré de dilution sur les affinités.

Si cette dernière observation est fondée, il est clair que, dans les irrigations bien disposées, les cultures fixeront tout l'azote des eaux excédant cette proportion constante pour chaque cas particulier, au-dessous de laquelle s'arrête toute assimilation des principes fertilisants du liquide. Le rapport de l'azote fixé à l'azote total sera par conséquent d'autant plus grand que l'eau sera plus riche en azote. On comprend par là les merveilleux effets de très-petits volumes d'eau suffisamment chargée de principes fertilisants.

Si les chiffres précédents expliquent parfaitement le rôle des arrosages à grands volumes, ce n'est pas à dire qu'ils les justifient toujours d'une manière complète. Puisque l'emploi de grands volumes d'eau a pour but de fournir aux récoltes la totalité des matières fertilisantes nécessaires à leur développement, on peut remplacer une partie de l'eau d'arrosage par une proportion d'engrais équivalente. On se trouve donc conduit à substituer l'un à l'autre ces deux moyens de fertilisation selon leur abondance, leur prix relatif, la nature du sol et du climat sous lequel on opère.

Ce serait s'écarter du but de ce travail d'examiner ici l'influence, sur la qualité des récoltes, de l'emploi plus ou moins abondant et plus ou moins exclusif des eaux d'irrigation ; on dira seulement que, dans certains cas, on perd plus en qualité qu'on ne gagne en quantité par l'emploi de volumes d'eau excessifs, et cette circonstance suffit habituellement pour empêcher les abus que l'on pourrait craindre dans l'usage des eaux.

La méthode suivie dans l'ouvrage de M. Hervé Mangon permet d'ailleurs de déci-

der, dans chaque cas particulier, si le volume d'eau réclamé par les intéressés excède leurs besoins. Il suffit, en effet, de jauger ces eaux et de comparer la quantité de matières fertilisantes qu'elles abandonnent en passant sur la prairie à la récolte obtenue.

On aura donc, à l'avenir, une base certaine d'appréciation pour la concession et le partage des eaux d'irrigation. Désormais les cultivateurs des pays froids pourront répondre péremptoirement aux personnes qui leur citeront les arrosages du Midi et déterminer, dans chaque cas particulier, la limite au-dessous de laquelle le volume de leurs eaux d'arrosage ne pourrait être réduit sans diminuer la production de leurs prairies arrosées et sans exiger l'emploi de fumures auxiliaires.

Cette méthode fournit aussi la solution du problème des *reprises d'eau*. Il est évident qu'il faut cesser de les multiplier quand la composition de l'eau de sortie égale celle de l'eau d'entrée, et même quand la différence de composition de ces deux liquides représente une valeur inférieure aux frais d'établissement et d'entretien de la prairie.

Les gaz dissous dans les eaux d'irrigation exercent aussi une grande influence sur leur action sur les prairies.

L'acide carbonique dissous est plus abondant dans l'eau de sortie que dans l'eau d'entrée, et l'oxygène au contraire est plus abondant à l'entrée qu'à la sortie.

Il y a donc combustion lente de matières carbonées pendant le passage de l'eau sur le sol. Ce phénomène paraît général; les irrigations déterminent par conséquent dans la terre des phénomènes d'oxydation semblables à ceux que produit le drainage lui-même. Ces deux puissants moyens d'amélioration agricole, si différents en apparence, agissent à cet égard de la même manière.

La facilité avec laquelle les eaux d'irrigation abandonnent aux cultures les matières fertilisantes qu'elles renferment semble plutôt donner la mesure de leurs qualités que leur composition absolue. Ainsi les eaux de la Sorgue, qui arrosent la prairie de l'Isle, se rapprochent beaucoup, par leur composition, de celles de la Durance qui arrosent la prairie de Taillades, mais elles sont beaucoup moins appréciées. On voit, en effet, que ces dernières abandonnent plus de 30 pour 100 de leur azote à la prairie qu'elles arrosent, tandis que ces dernières ne perdent que 13 pour 100 de leur richesse dans des conditions semblables en apparence.

Ces différences peuvent tenir à plusieurs causes qu'il serait fort utile d'étudier; mais la comparaison des eaux de la Sorgue et de la Durance, aussi bien que quelques autres faits, porterait l'auteur à penser que la présence d'une trop forte proportion relative d'acide carbonique dans l'eau nuit à ses qualités pour l'irrigation. Ce fait paraîtra, du reste, très-probable, si l'on se rappelle qu'une eau déjà chargée de gaz carbonique en dissout plus difficilement une nouvelle proportion, et présente ainsi une certaine résistance à l'action comburante de l'oxygène, puisque l'acide carbonique produit ne se trouve pas entraîné aussi facilement. Quelques expériences très-simples permettraient, du reste, de vérifier cette supposition.

Les eaux d'irrigation apportent à la terre plus de matières minérales que les récoltes n'en enlèvent. Il est probable, en général, que les eaux renferment tous les élé-

ments des cendres végétales. L'action absorbante du sol arable sur les sels solubles dont il n'est pas saturé explique, d'ailleurs, comment les terres arrosées enlèvent aux eaux les composés salins dont elles ont besoin en leur laissant entraîner les substances dont elles sont suffisamment imprégnées ou qu'elles renferment en trop grande abondance.

L'influence générale de la température sur la fixation par les cultures de l'azote fourni par l'ammoniaque et l'acide azotique des eaux d'irrigation est bien nettement accusée par les observations faites sur les deux prairies des Vosges. Lorsque la température est inférieure à 7°, l'assimilation paraît nulle ou très-faible. L'auteur se propose d'ailleurs de reprendre l'étude de ce phénomène important.

En résumé, dit en terminant M. Hervé Mangon, les eaux d'irrigation doivent être considérées comme agents *physiques* et comme agents *chimiques*. Leur rôle à ce double point de vue est extrêmement complexe, et dépend non-seulement des conditions naturelles du sol et du climat déjà si variables d'un pays à un autre, mais encore des conditions *économiques* qui règlent la *valeur* relative des différentes récoltes, des engrais et de l'eau elle-même.

On ne saurait donc imposer le même régime de débit et d'organisation aux arrosages des différentes régions de la France. Avant de juger une méthode d'arrosage, le propriétaire, comme l'administrateur, doit en faire une étude extrêmement approfondie et se défier de toute opinion préconçue contre les pratiques d'une longue expérience.

En matière de règlements d'eaux pour l'agriculture, les habitudes locales doivent être prises en sérieuse considération; elles touchent à des intérêts considérables et dignes de respect, alors même qu'ils paraissent excessifs dans leurs exigences.

ARTS MÉCANIQUES.

SUR LES MACHINES A VAPEUR AVEC DÉTENTE DU SYSTÈME CORLISS (planche 278).

C'est presque toujours avec une lenteur surprenante que les inventions et les améliorations les plus importantes se font jour dans l'industrie. Ainsi, par exemple, on sait que la construction des machines à vapeur attire depuis longtemps l'attention toute spéciale de la plupart des mécaniciens, et que des modifications innombrables y ont été apportées depuis l'origine. Cependant la plupart de ces machines sont très-imparfaites, et bien que la théorie ait démontré depuis longtemps comment on peut employer la vapeur de la manière la plus utile, bien qu'il existe même de bons spécimens dans la pratique, on peut dire que, généralement parlant, l'exécution ne s'élève guère au-dessus de la routine ordinaire. Or on continue, dans les machines marines, de suivre les anciennes voies pour l'utilisation de la vapeur, quoique la construction proprement dite soit devenue plus simple et plus parfaite.

C'est tout récemment que MM. Randolph, Elder et comp., de Glasgow, ont tenté d'accroître l'usage de la détente dans les machines marines, et que leurs appareils décrits dans l'*Artizan* de juin et de décembre 1859, et installés sur les navires *Valparaiso*, *Lima* et *Bogota*, ont donné les résultats les plus remarquables.

Ces appareils sont construits selon le système de Woolf, employé depuis longtemps pour les machines fixes, et que l'on s'était plusieurs fois efforcé, avec peu de succès, d'étendre aux machines marines.

Cependant le système de Woolf n'est nullement celui qui produit les meilleurs effets, ainsi que le démontrent les diagrammes obtenus avec l'indicateur pour ces machines comparées à celles de M. Corliss, diagrammes transcrits, en 1854, dans le *Dingler's Polytechnisches Journal*, t. CXXXII, p. 321. En comparant ces diagrammes, on ne peut méconnaître l'avantage du système de Corliss pour l'emploi utile de la vapeur, et il suffit d'ailleurs de la plus légère attention pour se convaincre que les circuits longs et nombreux que fait la vapeur dans une machine de Woolf doivent occasionner beaucoup de pertes. Dans une de ces machines fixes, munie d'un régulateur et d'une soupape ordinaires, il peut, comme le fait voir la courbe rapportée dans le volume CXXXII, planche 5, figure 2, du *Dingler's Polytechnisches Journal*, arriver que, de 29^k,5 de vapeur formés dans la chaudière, il n'y en ait que 5 qui produisent un travail réel.

Dans les machines marines où, théoriquement parlant, toute la vapeur produite peut être utilisée, le rapport est naturellement moins défavorable.

La précision d'un système de distribution ne peut être bien démontrée que par les diagrammes de l'indicateur, dont l'inspection prouve que les tiroirs commandés par un excentrique ordinaire ou que les systèmes à glissières ne sont rien moins qu'exacts.

Les diagrammes cités un peu plus haut et rapportés t. CXXXII, pl. 5, fig. 2, du *Dingler's Polytechnisches Journal*, prouvent combien est supérieure aux systèmes précédents la distribution par des soupapes tournantes, distribution fort vantée et employée principalement en Amérique où on l'exécute parfaitement, et aucune méthode de distribution de la vapeur ne semble pouvoir égaler celle de Corliss, ainsi que le font voir les diagrammes en question.

D'autres diagrammes que l'on peut consulter dans le t. CLXI du *Dingler's Polytechnisches Journal*, pl. 5, fig. 6 et 7, viennent encore à l'appui des précédents. Ces diagrammes ont été tracés au moyen de l'indicateur, sur des machines de Corliss, dans des manufactures américaines.

Le premier a été obtenu sur une machine à cylindre vertical et à balancier, commandant un tissage de calicots forts, dans l'usine dite *Globe steam Mills*, à Newburyport (Massachusetts). Le cylindre a 0^m,660 de diamètre, et la course du piston est de 2^m,133. L'arbre de la manivelle décrit 36 1/2 révolutions par minute. L'indicateur présente, comme pression normale, 1^k,405 par centimètre carré (en sus de la pression atmosphérique).

Le second diagramme a été fourni par une autre machine fixe, à condensation, établie dans un tissage (*Washington Manufacturing calicos' Mills*) situé à Gloucester

(New-Jersey). Le cylindre à vapeur a 0^m,813 de diamètre ; la course du piston est de 2^m,133, et sa vitesse de 140^m,80 par minute. L'arbre de la manivelle fait 33 tours par minute. La tension normale, d'après l'indicateur, est encore de 1^k,405 par centimètre carré (en sus de la pression atmosphérique).

Il est évidemment avantageux de n'avoir qu'un seul cylindre et d'y opérer la détente de la vapeur, plutôt que d'employer, comme dans la machine de Woolf, deux cylindres et de conduire la vapeur par des étranglements divers, du cylindre où elle a opéré à haute pression, dans l'autre cylindre où elle doit se détendre.

Si l'on considère ces causes d'infériorité dans le système de Woolf, on se convaincra facilement qu'une machine qui, comme celle de Corliss, ne renferme qu'un seul cylindre, utilise la détente et présente un système de distribution mathématiquement exact, doit mériter la préférence, surtout quand il est expérimentalement prouvé que la régularité de sa marche est telle, qu'en Amérique on n'emploie, pour commander les filatures, qu'une seule machine de ce genre, dans des cas pour lesquels, en Angleterre, on recourrait à deux machines de Woolf accouplées.

Sous le rapport de l'économie du combustible, c'est une grave faute que d'employer des machines accouplées, et l'on observe que des machines uniques produisent toujours de meilleurs effets.

En Allemagne comme en Angleterre, on s'en tient ordinairement aux anciennes machines à 3 atmosphères, et l'on ne se décide pas à porter la vitesse du piston à plus de 60^m,96 par minute, tandis qu'en Amérique il n'est pas rare qu'on l'élève à 152^m,40. A la vérité, les règlements ne sont pas favorables, en Allemagne, à la construction de chaudières propres à supporter une très-haute pression ; mais il existe, en outre, une certaine appréhension, même une inquiétude prononcée au sujet de cette pression, et pourtant les locomotives font entendre leurs sifflements, même dans les villes, sous des tensions de 7 à 8 atmosphères.

On aperçoit du premier coup d'œil l'économie que l'accroissement de la vitesse du piston doit apporter dans le prix de la machine et dans le poids de ses divers organes. Cependant la diminution des frais de premier établissement est moins importante que l'épargne considérable réalisée sur le combustible par le système de Corliss.

Il doit y avoir peu de machines de Woolf qui, exactement essayées au frein de Prony, emploient moins de 2^k,50 de houille de première qualité, par heure et par force de cheval-vapeur. On trouve même, en Allemagne, dans beaucoup de filatures, des machines anglaises, d'une construction toute récente et somptueuse, qui en consomment 4 kilog. Leur origine anglaise est d'ailleurs rendue évidente par la beauté de leur fini. Or il est démontré que les grandes machines de Corliss ne consomment que 1^k,50 de houille. Par conséquent, une machine de 200 chevaux de ce système, comparée à une machine de Woolf de pareille puissance, épargnerait par an, pour 300 jours de 12 heures de travail, au moins $200 \times 12 \times 300 \times 1 = 720,000$ kilog. de houille, et une telle économie couvrirait promptement les frais de premier établissement. Il importe donc à tous les fabricants de vérifier exactement ces données, et de remplacer, comme on l'a fait en Amérique, les anciennes machines par celles du système Corliss.

D'après une brochure (1) publiée en Amérique, on a construit, de 1851 à 1856, plus de 200 machines de ce système dont la plupart ont remplacé, avec beaucoup d'avantage, dans des filatures et des tissages mécaniques, des machines déjà existantes que l'on a réformées.

L'usine pour la construction des machines, située à Buckau près de Magdebourg, appartenant à la compagnie de la navigation à vapeur entre Magdebourg et Hambourg, construit avec le plus grand succès, depuis plusieurs années, des machines de ce système, comprenant des machines horizontales à haute pression, sans condensation, de 10 à 50 chevaux; d'autres, avec condensation, de 25 à 60 chevaux; d'autres, accouplées, ayant deux cylindres horizontaux, sans condensation, de 60 à 150 chevaux; d'autres, du même genre, à condensation, de 76 à 180 chevaux; d'autres, à balancier, sans condensation, de 72 à 130 chevaux; d'autres enfin, aussi à balancier, avec condensation, de 90 à 160 chevaux.

La planche 278, que nous empruntons au *Dingler's Polytechnisches Journal*, tome CLXI, représente une de ces machines de 60 chevaux, à cylindre horizontal et à condensation.

La figure 1 est une coupe longitudinale.

La figure 2 est une vue par derrière.

La figure 3 est une coupe transversale selon la ligne AB.

Les figures 4 et 5 donnent, sur une plus grande échelle, quelques détails de la fig. 2.

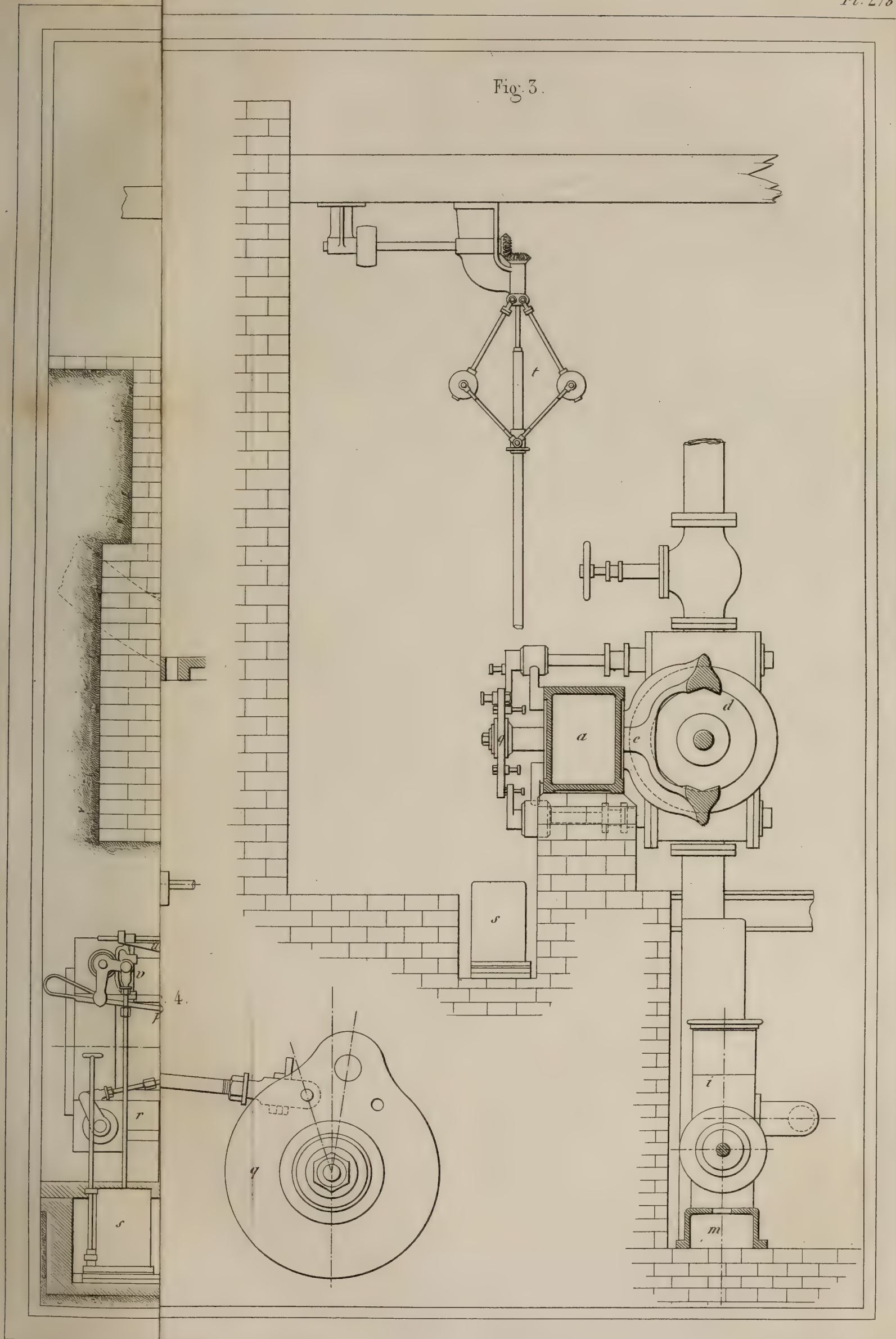
a est la plate-forme ou plus exactement la base de la machine, et consiste en une sorte de poutre tubulaire qui porte le palier *b* de l'arbre de la manivelle *c*. Le cylindre à vapeur *d* et les glissières *e* sont attachés sur le côté de cette poutre qui, comme on le voit aisément, supporte tout l'effort de la machine. Elle lie, avec la plus grande solidité, le palier de la manivelle avec le cylindre, et l'on n'a besoin de donner à la fondation que la stabilité nécessaire pour supporter le poids de la machine et non pour soutenir une partie de l'effort de la vapeur, comme il arrive dans beaucoup d'autres systèmes. On peut même, dans les machines de force médiocre, laisser le cylindre et le bâti qui le porte, suspendus sur le côté de la poutre fondamentale, sans craindre de nuire à la solidité de l'appareil.

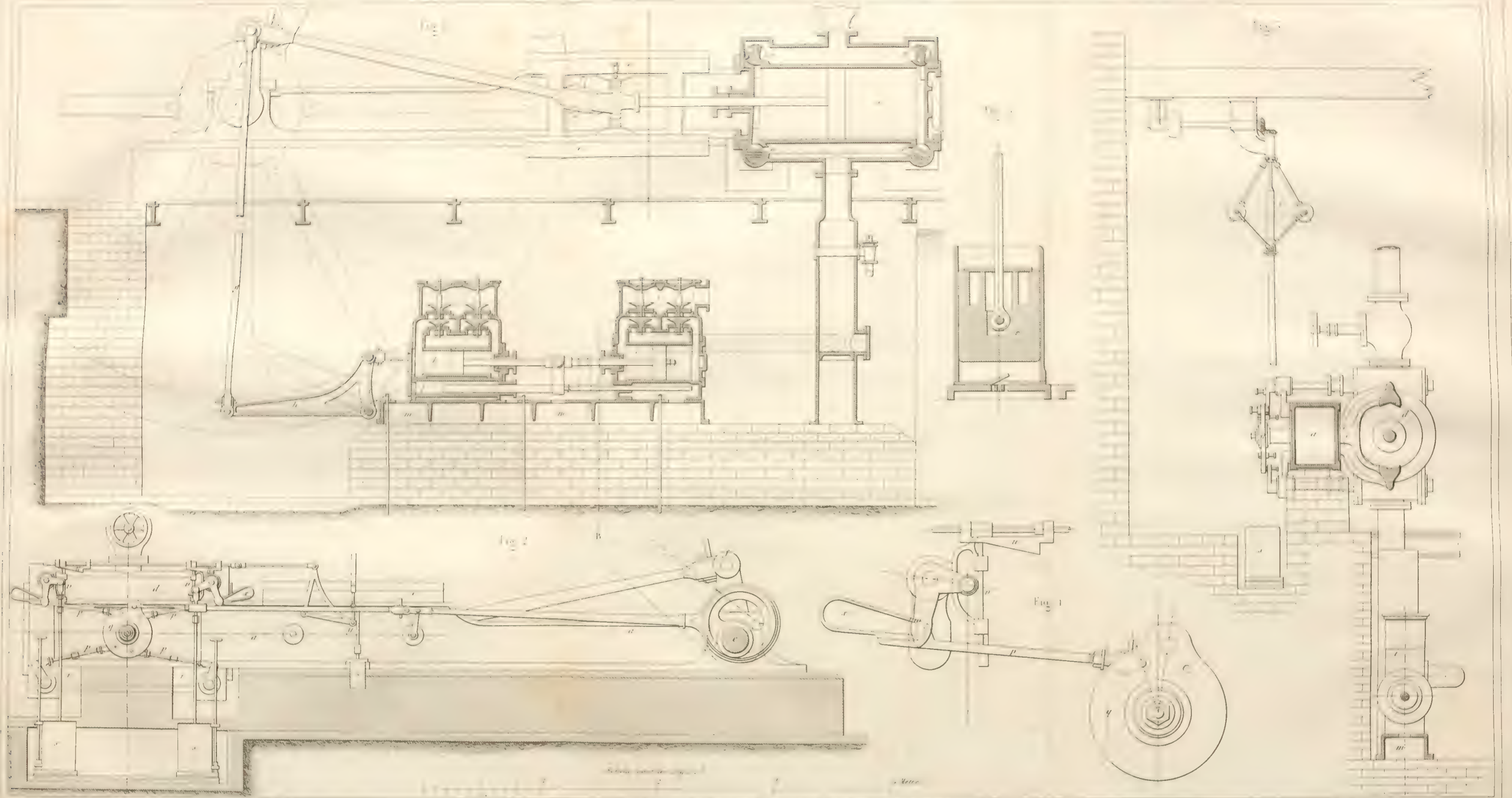
À la manivelle *f* est attachée une bielle supplémentaire *g* qui, au moyen du levier coudé *h*, met en mouvement la pompe à air *i*, la pompe à eau froide *k* et la pompe alimentaire *l*. Les deux premières sont à double effet. Ces trois pompes, fixées sur la plate-forme *m m*, qui leur sert de base, constituent, avec le levier coudé *h*, un système solide, placé dans un caveau de facile accès.

Le cylindre à vapeur *d* est muni de quatre robinets ou soupapes tournantes de distribution; les deux supérieurs *n, n* servent à l'admission, et les deux inférieurs *o, o* à l'émission de la vapeur. Tous ces robinets reçoivent un mouvement de rotation alter-

(1) *The steam Engine, as it was, and as it is by the Corliss steam Engine company* (la machine à vapeur comme elle était et comme elle est, par la compagnie pour la construction des machines à vapeur de Corliss).

Fig. 3.





MACHINE A VAPEUR A DETENTE DU SYSTEME DE M CORLISS

native et oscillante des quatre bielles p, p, p, p commandées par le plateau circulaire q qui est mis en action par un excentrique ordinaire. Les points d'attache des bielles p, p, p, p , sur ce plateau, sont répartis de telle sorte que les robinets de distribution s'ouvrent et se ferment rapidement aux instants convenables. Lorsque l'on n'utilise pas la détente, les robinets d'admission restent presque entièrement ouverts pendant la plus grande partie de la course du piston.

On obtient la détente par le découplément momentané des bielles p, p d'avec les leviers coudés qui commandent les robinets d'admission, ce qui permet à des contre-poids suspendus à des tringles r, r de fermer promptement les soupapes. Ces contre-poids, en forme de pistons, montent et descendent dans des cylindres s, s pleins d'air, dont la résistance varie selon l'ouverture que l'on donne à des soupapes qui, en permettant plus ou moins facilement l'écoulement du fluide élastique compris entre les contre-poids et le fond des cylindres, rendent la descente plus ou moins rapide et modifient, en conséquence, l'amplitude de la détente.

L'instant où l'on doit arrêter l'admission est indiqué par le régulateur t . Ce régulateur imprime, en effet, un mouvement horizontal de va-et-vient aux coins u, u , fig. 2 et 4. Ces coins, en faisant descendre les verrous v, v , les appuient sur les bielles p, p , dont elles dégagent la saillie d'avec un arrêt w fixé sur le levier coudé qu'un ressort x tend à maintenir en prise.

Cet appareil à détente est tellement disposé, que le régulateur indique l'expansion de 0 à près de $1/2$ de la course du piston. Cependant la détente ne commence réellement que quand le contre-poids, qui se meut dans le cylindre plein d'air, a fermé le robinet d'admission. Comme la durée de la descente du contre-poids peut être modifiée à volonté, il est également possible de ne faire commencer la détente qu'aux $3/4$ de la course.

Le régulateur, d'après ces dispositions, n'a point à surmonter le frottement d'une boîte à étoupes comme dans les machines munies d'une soupape ordinaire, où le frottement influe plus ou moins sur l'uniformité de la marche de la machine.

Cependant le régulateur de Corliss (1) est construit de manière à posséder beaucoup plus de sensibilité que le régulateur ordinaire. Il doit, en effet, soulever le poids de la tringle y , ce qui exige une certaine puissance dynamique qui le met en état de remplir ses fonctions avec plus de promptitude et de sûreté. Or il ne se trouve que deux fois, pour chacune de ses révolutions, entravé faiblement par le contact du verrou v sur le coin u ; mais, afin que le travail nécessaire pour cet effet ne constitue qu'une très-petite partie de celui du régulateur, on a en outre chargé cet appareil de surmonter constamment un obstacle beaucoup plus considérable. Cet obstacle consiste à faire monter et descendre un piston mince dans de l'eau qui est contenue dans un petit cylindre z , et qui, par conséquent, se trouve tantôt au-dessus, tantôt au-dessous du piston. (*Dingler's Polytechnisches Journal.*) (V.)

(1) Ce régulateur ou plutôt ce modérateur n'a-t-il pas une remarquable analogie avec celui d'Allen?

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1862.

RAPPORT SUR LES PRODUITS CHIMIQUES INDUSTRIELS (CLASSE II , SECTION A), PAR
M. A. W. HOFMANN, PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE LONDRES. (*Extrait.*)

Les membres de la section anglaise du Jury international de l'Exposition universelle de 1862 viennent de publier leurs rapports, ainsi que l'ont fait déjà depuis longtemps ceux de la section française. Parmi ces travaux, on doit citer en première ligne celui qui concerne les produits chimiques industriels et auquel son auteur, M. A. W. Hofmann, a consacré un soin tout particulier. Ce rapport, qui embrasse une très-grande étendue, a été traduit *in extenso* par M. E. Kopp de Saverne et publié dans le *Moniteur scientifique* de M. le docteur Quesneville (1863, t. V, p. 361 et suiv.); nous allons en donner un extrait en conservant les divisions adoptées par l'auteur.

Dans un avant-propos qu'il intitule *Observations préliminaires*, M. Hofmann compare les industries chimiques aux deux époques de 1851 et 1862; il donne une statistique des exposants et des récompenses; et il explique le plan qu'il a suivi pour son travail en montrant les difficultés que présentait une classification bien déterminée; enfin il rend hommage à ses collègues de la section française du Jury et à tous les amis qui lui ont prêté leur concours dans l'accomplissement de la lourde tâche qu'il a entreprise.

INDUSTRIES ALLIÉES : ACIDE SULFURIQUE, CARBONATE DE SOUDE, ACIDE CHLORHYDRIQUE
ET CHLORURE DE CHAUX.

Les industries alliées embrassées par ce groupe sont, depuis longtemps, en activité en Angleterre. La fabrication de l'acide sulfurique sur une grande échelle date de 1746, époque à laquelle le docteur Roebuck, de Birmingham, construisit une première chambre de plomb à Preston-Pans (Écosse). La fabrication de la soude au moyen du sel commun est plus récente. Découverte par Leblanc vers la fin du siècle dernier, elle a été lente à s'établir, et ce n'est qu'en 1823 seulement, grâce surtout aux efforts de M. James Muspratt, de Liverpool, qu'elle a commencé à se produire en grand. Quant à l'industrie du chlorure de chaux, c'est M. Charles Tennant, de Glasgow, qui l'a fondée en 1799.

Acide sulfurique.

Les changements qui ont eu lieu dans la fabrication de l'acide sulfurique, pendant les dix années qui viennent de s'écouler, sembleront de peu d'importance à première vue; mais, si l'on se rappelle que cet acide est, pour ainsi dire, la clef du plus grand nombre des autres opérations chimiques, un intérêt puissant s'attache, dans ce cas, à des progrès qu'on aurait à peine jugés dignes de considération pour d'autres produits,

et ne rend pas inutile l'examen des nombreuses tentatives faites pour perfectionner cette industrie.

Essais pour remplacer les chambres de plomb par des constructions plus économiques. — « Les nombreux essais qu'on a faits pour remplacer les chambres de plomb ont eu non-seulement pour but de réduire la dépense de ces coûteux appareils, mais encore de prévenir la présence du plomb dans l'acide sulfurique. La pierre et le grès (1), la gutta-percha vulcanisée (2), l'ardoise et les plaques faites d'un mélange de grès et de soufre pulvérisé (3), n'ont donné aucun résultat satisfaisant. Il en est de même du moyen proposé récemment par M. Peter Ward (4) pour augmenter la réaction par le développement des surfaces, moyen consistant à établir des séparations dans les chambres de plomb à l'aide d'une série de plaques de verre. Du reste, depuis la proposition faite en 1832, par M. Phillips (5) et par M. Kuhlmann (6), d'accomplir la transformation de l'acide *sulfureux* en acide *sulfurique*, au moyen d'oxygène atmosphérique chauffé, mis en présence de platine très-divisé, on n'a jamais perdu de vue l'idée de produire de l'huile de vitriol en se passant des chambres de plomb.

« Parmi les efforts tentés plus tard, les travaux de MM. Persoz, Kuhlmann, Petrie et Gossage méritent d'être signalés.

« M. Persoz (7) accomplit la transformation de l'acide sulfureux en faisant passer le gaz à travers de l'acide nitrique étendu de quatre à six fois son volume d'eau et chauffé à 100 degrés, ou bien à travers un mélange d'acide nitrique ou d'un nitrate avec de l'acide chlorhydrique. La réaction s'effectue dans un appareil comparative-ment petit et construit en matière convenable; un agitateur facilite le contact intime des gaz et du liquide. Les gaz engendrés par la désoxydation de l'acide nitrique passent de l'appareil à réaction dans des tours à condensation, dans lesquelles ils rencontrent un courant d'air ascendant et un courant d'eau descendant, de sorte qu'on recueille de nouveau la totalité de ces gaz sous la forme d'acide nitrique. Malgré la logique de ce procédé, la pratique ne l'a jamais adopté, parce qu'on n'a pas encore trouvé une matière *convenable* capable de résister à l'action des acides puissants.

« Même à une période antérieure, M. Kuhlmann (patente anglaise, 11 décembre 1850) avait proposé de faire passer un mélange d'hydrogène sulfuré (obtenu par des moyens convenables des résidus de la fabrication de la soude) et d'air à travers de l'acide nitrique renfermé dans de petites jarres en grès, ce qui convertit directement presque tout le soufre en acide sulfurique. La pratique cependant n'a pas sanctionné ce procédé.

(1) MM. Leyland (Edmund) et Deacon (Henry), brevet n° 2863, 2 décembre 1853. *London Journal*, octobre 1854, p. 269.

(2) M. Krafft. *Répert. de chimie*, I, p. 305.

(3) M. Simon (Joseph), brevet 1586, 4 juillet 1859. *Rep. of pat. inv.*, avril 1860, p. 303.

(4) Ward (Peter), brevet 1003, 23 avril 1861. *Rep. of pat. inv.*, mars 1862.

(5) Phillips (Peregrine), brevet 6036, 31 mars 1831. *Ann. chem. pharm.*, IV, p. 171.

(6) M. Kuhlmann, brevet, 22 décembre 1858.

(7) *Technologiste*, XVII, p. 461.

« La même remarque s'applique au système de colonnes en grès remplies de cailloux, imaginé par M. Petrie (1) et dans lesquelles on fait arriver des courants d'acide nitrique d'un côté, d'acide sulfureux et d'air de l'autre, dont les quantités, par une disposition particulière de l'appareil, sont réglées de manière à éviter presque complètement la perte d'acide nitrique.

« De son côté, M. Gossage a cherché à recouvrer le soufre des marcs de soude sous forme d'hydrogène sulfuré, en décomposant le sulfure de calcium de ces résidus au moyen de l'acide carbonique impur obtenu par la combustion de la houille. L'hydrogène sulfuré ainsi obtenu est mélangé de tant d'azote et d'autres gaz, qu'il ne peut plus servir à la production d'acide sulfureux utilisable dans les chambres. M. Gossage (2) a cherché à surmonter cette difficulté en brûlant l'hydrogène sulfureux de ce mélange gazeux au moyen de l'air atmosphérique et en obligeant les produits de la combustion, préalablement bien refroidis, à s'élever dans une colonne ou tour contenant de petits fragments de coke humecté par un courant d'eau froide. A mesure que les gaz montent entre les interstices des parcelles de coke, l'acide sulfureux est absorbé par l'eau, et l'on obtient une solution froide et saturée. Cette solution, qu'on laisse filtrer de haut en bas par une autre tour remplie de coke et à travers laquelle on fait passer un courant d'air atmosphérique chaud, s'échauffe et met en liberté de l'acide sulfureux pur qui, se mélangeant avec l'air ascendant, se convertit en grande partie en acide sulfurique. Les gaz restants sont dirigés avec du gaz nitreux dans une chambre de plomb, où l'acide sulfureux est transformé en acide sulfurique par la méthode ordinaire. Ce procédé, malheureusement, ne réussit pas dans la pratique.

« M. Petrie (3) s'est efforcé de diminuer la consommation d'acide nitrique, en faisant passer un mélange de gaz acide sulfureux et d'air chauffé à 300 degrés à travers de l'eau très-divisée, qui descend en s'éparpillant sur des cailloux renfermés dans des cylindres en grès ou en fer émaillé; tandis que MM. Schmersahl et Bouck (4) font passer un mélange d'acide sulfureux, d'air et de vapeur d'eau par des tubes horizontaux en terre cuite ou en fonte remplis d'amianté, de pierre ponce ou d'autres substances poreuses et chauffés dans un four, et ensuite condensent, dans des appareils appropriés, les vapeurs d'acide sulfurique formées. En 1852 déjà, M. Wöhler (5) avait attiré l'attention sur la facilité extraordinaire avec laquelle l'oxyde de cuivre, le sesquioxyde de fer ou le sesquioxyde de chrome, portés au rouge sombre, transforment un mélange d'acide sulfureux et d'oxygène en acide sulfurique. Ce phénomène a été expérimenté en grand dans la fabrique d'Oker (6), mais les résultats n'en ont guère été satisfaisants. »

Essais de production de l'acide sulfurique sans l'emploi de l'acide nitrique et de ses

(1) Petrie (William), brevet 1985, 16 août 1860. *Génie industr.*, 1861, II, p. 128.

(2) Gossage (William), brevet 2336, 19 octobre 1858. *Rep. of pat. inv.*, juin 1858, p. 458.

(3) M. Petrie. *Lond. Journ.*, février 1855, p. 81.

(4) MM. Schmersahl (A. E.) et Bouck (T. A.), brevet 183, janvier 1855. *Lond. Journ.*, février 1855, p. 51.

(5) M. Wöhler. *Ann. chem. pharm.*, LXXXI, p. 255.

(6) *Wagner's Jahresbericht*, IV, 1859, p. 144.

dérivés. — « L'immense production d'acide chlorhydrique dans la première phase de la fabrication du carbonate de soude et la difficulté de trouver assez d'applications pour cet acide ont suggéré l'idée de l'utiliser sous la forme de chlore dans la fabrication de l'acide sulfurique. On sait qu'en présence du chlore et de l'eau l'acide sulfureux est rapidement converti en acide sulfurique. Cette réaction sert de base à la méthode proposée par M. W. Hæhner (1). L'acide sulfurique ainsi produit contient son équivalent d'acide chlorhydrique, dont on peut le séparer par distillation; ou bien, sans les séparer préalablement, on peut employer le mélange de ces deux acides pour la fabrication du sulfate de soude. Le rapporteur ignore si jamais ce procédé a été exploité en grand.

« On peut constater comme résultat général de l'expérience que, jusqu'à ce jour, les fabricants n'ont pu produire de l'acide sulfurique en grand sans recourir à l'acide nitrique ou à ses dérivés. Mais la manière d'utiliser le pouvoir oxydant de ces agents varie considérablement. Parmi les procédés que cite le rapporteur est celui de feu M. C. Tennant Dunlop, petit-fils de M. C. Tennant, qui inventa une modification particulière des procédés ordinaires pour obtenir l'acide nitreux, modification appliquée avec succès dans le célèbre établissement de MM. C. Tennant et comp., à Glasgow. Au lieu de traiter le nitrate de soude seul par l'acide sulfurique et d'utiliser l'acide nitrique ainsi obtenu, on décompose un mélange de nitrate et de chlorure sodiques, produisant ainsi, outre le sulfate de soude, du chlore gazeux et de l'acide nitreux; on sépare ces gaz en les faisant passer à travers l'acide sulfurique concentré (densité minimum 1,75); l'acide nitreux est absorbé et le chlore utilisé pour la production du chlorure de chaux. On fait ensuite couler la solution sulfurique d'acide nitreux dans les chambres où, au moyen d'appareils appropriés, elle est mise en contact avec l'eau qui dégage l'acide nitreux. Dans l'établissement qui vient d'être cité, on emploie le procédé bien connu de Gay-Lussac pour séparer, par absorption, l'acide nitreux des gaz qui s'échappent des chambres. Le procédé de M. Dunlop n'est employé que pour fournir une quantité d'acide nitreux égale à la perte qu'on éprouve toujours, malgré l'emploi du procédé de Gay-Lussac. »

Dans tous les procédés qui viennent d'être passés en revue, on a supposé que l'acide sulfureux dérivait de la combustion du soufre par l'oxygène atmosphérique. Mais on peut obtenir cet acide ou même l'acide sulfurique par d'autres moyens, parmi lesquels celui qui consiste à extraire l'acide sulfureux des pyrites et qui constitue le perfectionnement moderne le plus saillant apporté dans cette industrie. Ces différents moyens, que nous ne ferons que citer d'après M. Hofmann, mais sur lesquels il sera toujours facile de se renseigner par les notes de renvoi que nous donnons d'après lui, sont :

Calcination du sulfate de chaux ou du sulfate de baryte avec du sable, du quartz ou de l'argile (Fremy) (2).

(1) M. Hæhner (William), brevet 717, 28 mars 1854. *Rep. of pat. inv.*, déc. 1854, p. 503.

(2) Barreswil et Aimé Girard. *Dictionnaire de chim. industr.*, I, p. 37.

Traitement du sulfate de chaux par l'acide chlorhydrique (Cary-Mantrand) (1).

Réduction, par la houille, du sulfate de chaux en sulfure; décomposition de ce dernier par l'acide carbonique et conversion, par combustion, de l'hydrogène sulfuré formé (Kœhsel) (2).

Décomposition du gypse très-divisé en présence de beaucoup d'eau par du chlorure de plomb (Seckendorff et Shanks) (3), et traitement du sulfate de plomb produit par l'acide chlorhydrique.

Décomposition du phosphate de plomb par l'acide chlorhydrique et traitement au rouge du sulfate de chaux par l'acide phosphorique mis en liberté (Margueritte) (4).

Traitement du sulfate de plomb par l'hydrogène sulfuré (Keller) (5).

Substitution des pyrites ferrugineuses au soufre de Sicile. — « Il y a vingt ans à peine, la presque totalité de l'acide sulfurique se fabriquait au moyen du soufre natif tiré à peu près exclusivement de la Sicile; actuellement une fraction comparativement petite de la production totale s'obtient encore par ce moyen; mais on produit les neuf dixièmes de l'acide sulfurique et peut-être même plus à l'aide des pyrites ferrugineuses qu'on trouve en abondance dans presque tous les pays. D'après l'opinion générale, l'idée première de tirer des pyrites ferrugineuses le soufre nécessaire à la fabrication de l'acide sulfurique serait due à la politique étroite qui, en 1838, porta le gouvernement napolitain à entraver l'exportation du soufre de Sicile. Mais en réalité, depuis la dernière partie du siècle passé jusqu'à nos jours, on a toujours employé ces minerais comme source de soufre même. Dans plusieurs pays d'Allemagne, dans le district du Hartz, en Prusse (Casselerfeld), en Bohême (Altsattel), en Croatie (Radoboj), on obtient ainsi des quantités appréciables de soufre; en Irlande, à une certaine époque, il en a été de même, surtout pendant les guerres avec la France, lorsque le prix du soufre s'élevait à 20 et même à 30 livres sterl. la tonne (500 et 750 francs). Néanmoins la quantité de soufre obtenue par cette voie n'a jamais été comparable à celle qu'on tire encore aujourd'hui de la Sicile; on peut en juger par la seule production de la Prusse qui, en 1858, n'a pas dépassé 500 tonnes.

« En revanche, on a employé depuis longtemps les pyrites ferrugineuses à la production directe de l'acide sulfurique. Le minerai grillé, duquel on a dégagé une partie du soufre, est employé dans la fabrication du vitriol vert (sulfate de fer), sel dont on se sert depuis des siècles pour préparer l'acide sulfurique fumant (acide de Nordhausen). En outre, on s'est longtemps procuré l'acide sulfureux exigé pour l'alimentation des chambres de plomb des usines de Fahlun, en Suède, en faisant griller les pyrites si abondantes dans cette partie du pays scandinave. En France, l'idée d'employer le fer

(1) Barreswil et Aimé Girard. *Dictionnaire de chim. industr.*, I, p. 37.

(2) Kœhsel, *Wagner's Jahresbericht*, II, 1856, p. 57.

(3) Seckendorff (Robert von), brevet 2663, 18 décembre 1854. — Shanks (James), brevet 2101, 9 octobre 1854. *Rep. of pat. inv.*, 1855, p. 537.

(4) Margueritte (L. T. F.), brevet 2700, 22 déc. 1854. *Lond. Journ.*, oct. 1855, p. 197.

(5) Keller. *Génie industr.*, août 1859, p. 110.

sulfuré comme source de soufre paraît avoir émané de Clément Desormes qui fit beaucoup d'expériences dans ce but, mais sans réussir. MM. Perret et fils, de Chessy, furent les premiers qui pratiquèrent cette méthode avec succès. Déjà en 1833 ils obtenaient des résultats satisfaisants, et dans un brevet du 20 novembre 1835 ils décrivent leur manière de procéder (1). En 1837, Wehrle et Braun (2), en Bohême, employèrent la pyrite de fer pour produire l'acide sulfureux; mais ce ne fut qu'en 1838 qu'on commença, en Angleterre, à fabriquer en grand l'acide sulfurique au moyen des pyrites ferrugineuses. Ce qui contribua le plus à l'adoption et au développement de la méthode nouvelle fut le monopole du commerce du soufre en Sicile que le feu roi de Naples avait accordé à MM. Taix et comp., de Marseille, monopole qui avait eu pour résultat de porter le prix de cette matière de 5 livres sterling à 14 la tonne (de 125 à 350 francs) (3). Cette mesure n'eut qu'une existence éphémère, grâce aux négociations diplomatiques, mais l'esprit d'indépendance s'était réveillé, et l'emploi des pyrites n'a fait qu'augmenter depuis cette époque.

« Presque généralement le fer sulfuré se trouve mélangé à de petites quantités de substances étrangères, susceptibles d'altérer la pureté de l'acide sulfurique. On se rappelle que l'on doit la découverte du sélénium à l'emploi des pyrites dans la fabrication de l'acide sulfurique à Fahlun; et, de nos jours, nous avons été témoin d'une autre découverte, celle du thallium, faite par M. Crookes dans le dépôt d'une chambre à acide sulfurique. Mais le sélénium et le thallium sont comparativement inoffensifs, tandis que, malheureusement, les pyrites ferrugineuses contiennent en outre, presque invariablement, des composés arsenicaux. L'arsenic est dégagé pendant la combustion sous forme d'acide arsénieux, qui passe dans les chambres de plomb et y souille l'acide sulfurique. Lorsqu'on utilise cet acide pour la production de la soude, l'arsenic est éliminé dans les phases ultérieures de la fabrication; mais il existe beaucoup d'applications de l'acide sulfurique dans lesquelles la présence de l'arsenic ne peut être tolérée. Ainsi, par exemple, dans le procédé d'étamage du fer, le métal, avant d'être plongé dans le bain d'étain, doit être décapé avec de l'acide sulfurique étendu; si cet acide contient la plus petite quantité d'arsenic, ce dernier se dépose çà et là sur le fer, et l'étain n'adhère à aucun des endroits où il s'est déposé (M. Gossage). En outre, l'acide sulfurique dont on se sert pour la production de composés employés en pharmacie (acide citrique ou tartrique), ou dans l'économie domestique (acide acétique), ne doit point contenir d'arsenic. Ce poison est susceptible de s'infiltrer dans les substances où l'on s'attend le moins à le rencontrer. On se rappelle, à cet égard, qu'il y a quelques années on parvint à suivre pas à pas des traces d'arsenic trouvées dans du pain, et à remonter ainsi jusqu'aux pyrites ferrugineuses. Le pain était ce qu'on appelle du pain non fermenté; on avait fait lever la pâte au moyen de carbonate de soude et d'acide chlorhydrique. On constata la présence de l'arsenic dans l'acide chlorhydrique, et l'on

(1) *Exposition universelle de 1855. — Rapport du jury mixte international*, I, p. 468.

(2) Graham-Otto's. *Lehrbuch der chemie*, 3 auf., II, p. 262.

(3) Gossage. *History of the soda manufacture*.

démontra que cet acide avait été préparé en traitant du sel ordinaire par de l'acide sulfurique obtenu au moyen de pyrites ferrugineuses arsenifères. »

Purification de l'acide sulfurique. — « Par l'ébullition de l'acide sulfurique avec du sel de cuisine, l'arsenic se dégage sous forme de trichlorure d'arsenic. A Chessy on a employé du sulfure de barium. Dans les fabriques du Hartz, comme aussi chez MM. Wagenmann et Seybell, près de Vienne (Autriche), on se sert de l'hydrogène sulfuré pour précipiter l'arsenic à l'état de sulfide arsénieux. Ce procédé possède, en outre, l'avantage de débarrasser l'acide sulfurique des oxydes d'azote, dont la présence est si fréquente et en même temps si préjudiciable à la préparation de l'indigo pour la teinture; il a été breveté en Angleterre par M. Hunt.

« M. Kuhlmann emploie dans ses usines une méthode très-simple, qui consiste à faire passer l'acide sulfureux produit par la combustion des pyrites dans une petite chambre de plomb particulière, qui communique avec le carneau du four à pyrites au moyen d'un large tuyau en plomb consolidé intérieurement par des cerceaux en fer. De cette manière les vapeurs s'élevant du four se trouvent considérablement refroidies avant d'arriver à la grande chambre, condition qui facilite beaucoup la condensation ultérieure de l'acide sulfurique; mais, en outre, cette petite chambre reçoit, conjointement avec l'acide sulfurique formé directement, presque tout l'acide arsénieux engendré pendant la combustion des pyrites. Cet acide se dépose dans le tuyau et dans la chambre en même temps que du peroxyde de fer (1), du sélénium et du thallium. C'est grâce à l'arrangement particulier des chambres à acide sulfurique de M. Kuhlmann que M. Lamy a pu préparer le bel échantillon de thallium qu'il a envoyé à l'Exposition, et que M. Kuhlmann fils a obtenu de jolis échantillons de sélénium. L'acide sulfurique qu'on recueille dans la petite chambre est traité séparément et employé exclusivement pour la production du sulfate de soude.

« Cependant toutes les méthodes imaginées pour obtenir, au moyen des pyrites ferrugineuses, de l'acide sulfurique exempt d'arsenic paraissent offrir encore quelques difficultés, en sorte qu'on emploie toujours le soufre de Sicile pour fabriquer la grande masse d'acide qu'on exige complètement pure. »

A quel point le traitement des pyrites dans la fabrication de l'acide sulfurique a-t-il pu affecter le commerce du soufre de Sicile? M. Hoffmann a consulté à cet égard les chiffres donnés par la Statistique, et il a trouvé que la quantité de soufre exportée de Sicile, de 97,268 tonnes qu'elle était en 1858, s'est élevée en 1860 à 137,745 tonnes, après avoir même été de 163,629 tonnes en 1853. Cette augmentation, qui a persisté jusqu'ici malgré l'emploi des pyrites, s'explique par la grande consommation de poudre

(1) L'acide sulfurique préparé au moyen des pyrites ferrugineuses contient *invariablement* des quantités appréciables de fer; celui-ci est entraîné sous forme d'oxyde par les vapeurs s'élevant des fours à combustion. L'acide sulfurique monohydraté ne dissout qu'une quantité très-limitée de fer; pendant l'évaporation de l'acide des chambres, l'excès du fer se dépose dans les alambics en platine sous forme de petits cristaux rosés de sulfate ferrique anhydre. La quantité totale de sulfate de fer soluble dans l'acide sulfurique monohydraté ne dépasse pas quelques millièmes du poids de cet acide (M. Scheurer-Kestner).

à canon et de poudre de mine, et surtout par l'emploi considérable de soufre qu'a nécessité, dans ces dernières années, le traitement de la maladie de la vigne. »

Mode de combustion du soufre. — « Théoriquement on ne devrait pas laisser pénétrer dans le four à combustion plus d'air qu'il n'en faut pour fournir trois équivalents d'oxygène à chaque équivalent de soufre brûlé : deux pour sa transformation en acide sulfureux et le troisième pour la conversion de ce dernier en acide sulfurique. Pour se rapprocher autant que possible de cette limite, on a proposé une grande variété de constructions. On parle très-favorablement d'un nouveau système imaginé par M. Harisson Blair, de Kearsley Works, Farnworth, Bolton, et dont l'inventeur donne la description suivante :

« L'appareil pour la combustion du soufre se compose de trois parties : le four à soufre, le four à combustion et le four à nitre ; construit dans les dimensions indiquées plus bas, on a calculé qu'il brûlerait de 1 à 4 tonnes de soufre par jour.

« Le four à soufre a neuf pieds (2^m,74) de longueur sur 4 pieds 6 pouces (1^m,37) de large dans œuvre ; il est recouvert d'une voûte réverbératrice, et sa sole est bien cimentée ; ses murs ont 1 pied (0^m,30) de haut, l'épaisseur d'une brique et demie et sont établis solidement. A l'extrémité une porte en fer fermant hermétiquement et munie d'une ouverture rectangulaire de 1 pouce sur 3 (0^m,025 sur 0^m,075), sur laquelle glisse un registre, sert à charger le four et à retirer le résidu une fois par vingt-quatre heures. On peut introduire en une fois la charge entière de soufre pour douze ou vingt-quatre heures, ou bien, ce qui vaut moins, on peut la faire arriver par un entonnoir adapté à la voûte, se prolongeant par un tuyau en fer passant à travers cette voûte pour descendre très-près de la sole, et alimenté de temps en temps à mesure que le soufre fond et s'écoule. La rapidité de la combustion est réglée par l'admission de plus ou moins d'air, au moyen du registre adapté à la porte ; plus la quantité d'air admise est grande, plus la chaleur devient forte et avec elle la volatilisation du soufre.

« A l'extrémité opposée à celle où est la porte, ce four communique avec le four à combustion au moyen d'un carneau de 9 pouces carrés (58 cent. carr.), réglé par un registre en argile réfractaire. L'intérieur du four à combustion a 8 pieds sur 6 (2^m,44 sur 1^m,83) et est divisé en compartiments par deux murs de 2 pieds de haut (0^m,60), s'étendant longitudinalement depuis l'extrémité près du four à soufre jusqu'à 9 pouces environ (0^m,23) de la paroi opposée ; ces compartiments sont recouverts par des briques réfractaires qui forment la sole du four à nitre.

« Le four à nitre est placé au-dessus du four à combustion et est formé par l'élévation des murs extérieurs de 1 pied 1/2 (0^m,45) au-dessus de la sole en briques ; dans l'une des parois trois ouvertures sont pratiquées, qui servent à l'introduction des auges à nitre. Ce four est surmonté d'un dôme en fonte, dont le but est de favoriser le refroidissement des gaz avant leur admission dans les chambres.

« Près de l'endroit où le carneau du four à soufre communique avec le four à combustion, dans l'un des compartiments extérieurs, on pratique à travers le mur ex-

« térieur une ouverture de 6 pouces sur 3 (0^m,15 sur 0^m,075), fermée par un registre ; elle a pour but l'admission d'une quantité bien régularisée d'air atmosphérique devant servir à la combustion des vapeurs de soufre, dont la volatilisation a lieu dans le four à soufre.

« Les gaz mélangés, après s'être rendus au fond de ce compartiment, reviennent par l'autre vers l'extrémité située près du four à soufre et s'y élèvent dans le fourneau à nitre au moyen d'ouvertures pratiquées dans sa sole ; ces ouvertures sont larges de 4 pouces (0^m,10) et longues de toute la longueur des briques. Du four à nitre un carneau les entraîne vers l'extrémité opposée à celle de leur entrée, et les dirige dans une cheminée communiquant avec les chambres.

« Avec cet appareil on peut fabriquer, dans les mêmes chambres, une plus grande quantité d'acide sulfurique que celle qu'on obtient lorsque ces chambres sont alimentées par des fours à combustion plus intermittente ; et, comme on ne se sert que d'un four au lieu de douze ou vingt, il y a économie de capital et de travail. »

Ici le rapporteur cite ce qu'on a fait sur le continent pour perfectionner la combustion du soufre.

La méthode employée, après différents essais, par M. Kuhlmann, dans ses usines à Loos, la Madeleine, Saint-André et Amiens, « consiste à brûler le soufre dans de grands demi-cylindres en fonte, murés dans une maçonnerie en briques ; on en emploie quatre pour chaque système de chambres d'une capacité d'environ 1,500 mètres cubes. On introduit le soufre par des ouvertures sur le devant de ces espèces de cornues, dont les portières sont munies d'ouvertures pour régler l'admission de l'air ; la combustion s'effectue sur la sole plate de ces cornues. Leurs extrémités postérieures communiquent, au moyen de longs tuyaux, avec une chambre formant réservoir, d'où l'acide sulfureux est conduit dans le système des chambres de plomb. Grâce à cet arrangement, les gaz subissent un refroidissement préliminaire. »

Parmi les autres méthodes dont parle M. Hofmann et qui consistent à régler l'admission de l'air est celle de M. Scheurer-Kestner qui emploie un anémomètre (de préférence celui de M. Combes), lequel est fixé dans un tube relié à la devanture du four à soufre et à travers lequel on fait passer toute la quantité d'air dont on a besoin.

Dans quelques fabriques de Belgique, on applique le procédé proposé pour la première fois par M. Stas, et qui consiste à admettre d'une part la quantité d'air nécessaire à la combustion du soufre, et d'autre part, par un tuyau spécial à registre, le volume rigoureusement mesuré de l'air qui doit transformer l'acide sulfureux en acide sulfurique.

« Quelle que soit, dit le rapporteur, la méthode qu'on emploie pour régler l'admission de l'air, les gaz qui sortent des chambres ne devraient pas contenir plus de 2 à 3 pour 100 d'oxygène. En réglant soigneusement l'action des fours à soufre, quelques fabricants ont réussi à obtenir un rendement le plus rapproché possible de la quantité théorique d'acide sulfurique que le soufre est capable de produire, c'est-à-dire 306 parties d'acide d'une densité de 1,843, au moyen de 100 parties de soufre du

commerce. Avec le mode ordinaire de fabrication, la quantité totale d'acide concentré obtenue de 100 parties de soufre dépasse rarement 280 à 290 parties. »

Mode de combustion des pyrites ferrugineuses. — Avec l'emploi des pyrites, deux inconvénients principaux se présentent : celui de l'augmentation du volume des gaz passant dans la chambre, augmentation produite par l'oxydation du fer qui donne lieu à un excès correspondant d'azote, et celui qui résulte de la combustion moins facile du soufre lorsqu'il est à l'état de combinaison. Le premier de ces inconvénients a nécessité l'agrandissement des chambres ; quant au second, il a donné lieu à plusieurs essais de perfectionnements du four usuel à brûler les pyrites, four construit d'après le principe du four à chaux ordinaire. Malgré ces essais, au nombre desquels on doit citer celui de M. Hunt (1), on se sert le plus souvent du four à combustion ordinaire, surtout lorsque le minerai est en morceaux de volume un peu considérable ; dans ce cas, lorsqu'il contient 40 à 50 pour 100 de soufre, on n'en perd guère plus de 2 à 3 pour 100. Cependant, lorsqu'il s'agit de pyrites menues, cette perte peut s'élever à 8 ou 10 pour 100, et pour y remédier on mélange le minerai en poudre avec de l'argile humide, et on en fait des boules de 0^m,05 à 0^m,07 de diamètre, qu'on grille après les avoir fait sécher à la chaleur perdue des fours à soufre ; en opérant ainsi, la perte n'est plus que de 4 pour 100 environ.

MM. R. Imeary et Th. Richardson d'une part (2), et M. Spence de Manchester d'autre part (3), ont imaginé des systèmes de fours pour brûler avantageusement les pyrites mêmes. Voici quelques détails donnés par le rapporteur sur le système de M. Spence :

« On commence par passer au crible les pyrites menues, en réservant les gros fragments pour le four ordinaire à combustion. On place ensuite les pyrites menues sur une sole en briques réfractaires de 40 pieds de long (12^m,20) sur 6 ou 7 de large (1^m,80 à 2^m,10) ; on la chauffe par le bas, et l'on fait passer au-dessus un courant d'air pour brûler le soufre et conduire l'acide sulfureux dans les chambres. On introduit la matière à l'extrémité la plus éloignée du feu ; elle n'y est exposée qu'à une chaleur modérée, et on la pousse graduellement vers les parties plus chaudes du four. Si l'on emploie le minerai pulvérisé, on parvient, dit-on, à brûler complètement le soufre dans ce four.

« L'air y est admis par une ouverture sur le devant, qu'on règle à volonté ; le grillage méthodique s'accomplit au moyen d'une succession de 12 portes latérales, qui sont généralement fermées hermétiquement. Au bout de 24 heures, la charge, ayant été poussée au moyen de râdeaux de porte en porte, passe du fond du four sur le

(1) M. Hunt (William), brevet 1919, 16 août 1853. *Lond. Journ.*, juillet 1854, p. 37.

(2) Imeary (Robert) et Richardson (Thomas), brevet 1103, 17 mai 1858. *Rep. of pat. inv.*, décembre 1858, p. 475.

(3) Voir le rapport des docteurs Schunck, Smith et Roscoe : *Sur les progrès récents et la condition actuelle de la chimie industrielle dans le sud du Lancashire*, p. 109.

devant, de telle manière que le minerai, de plus en plus désulfuré, rencontre un air de plus en plus riche en oxygène et à une température qui s'élève régulièrement. En regardant à travers les portes latérales, on peut observer distinctement le développement abondant de vapeurs blanches d'acide sulfurique anhydre.

« Dans le principe, les fabriques anglaises tiraient leurs pyrites des comtés de Wicklow et de Cornouailles ; actuellement elles en reçoivent, du Portugal, de l'Espagne et de la Belgique, des quantités considérables qui ont l'avantage d'être beaucoup plus riches en soufre (42 à 50 pour 100). Cependant comme la proportion du soufre est variable, dans les usines bien organisées on analyse toujours non-seulement le minerai, mais encore le résidu des pyrites brûlées. Dans cette circonstance, le procédé simple, exact et rapide, indiqué récemment par M. Pelouze (1), constitue une acquisition d'une valeur réelle pour le fabricant d'acide sulfurique. »

Extraction du cuivre des pyrites de fer grillées. — « En 1850 déjà, M. Gossage (2) démontra la possibilité d'extraire le cuivre des résidus du grillage de certaines pyrites ferrugineuses qui en contiennent, en moyenne, de 1 à 3 pour 100. Cependant cette extraction est rarement effectuée par le fabricant d'acide sulfurique lui-même, qui préfère vendre ses résidus au fondeur de cuivre. En Angleterre on extrait le cuivre par la voie sèche et par des opérations de fusions successives. En France le minerai grillé est abandonné au contact de l'air, ce qui convertit le sulfure de cuivre graduellement en sulfate qui est ensuite extrait par l'eau et précipité par du fer métallique. Plus récemment, les fabricants anglais ont commencé à extraire le cuivre sous forme de chlorure. Pour y arriver, on fait fondre les minerais grillés avec de petites quantités de sel marin, et le chlorure de cuivre qui en résulte est décomposé par le fer. MM. Wright et comp. opèrent à Mostyn d'après le brevet de M. Henderson (3), et ce dernier lui-même se dispose, près de Glasgow, à traiter les résidus de l'établissement de MM. Tennant. »

Emploi du soufre absorbé et séparé pendant la purification du gaz de houille, pour la fabrication de l'acide sulfurique. — On sait que la houille contient invariablement en quantités notables du soufre qui y existe principalement, mais non exclusivement, sous forme de pyrites ferrugineuses. Pendant la distillation de la houille pour la production du gaz d'éclairage, ce soufre est le plus souvent dégagé à l'état d'hydrogène sulfuré, et maintenant l'on purifie presque invariablement ce gaz en suivant le procédé breveté de M. F. C. Hills. Ce procédé consiste à faire passer le gaz d'éclairage impur sur un mélange de sciure de bois et de peroxyde de fer hydraté, qui se charge de soufre et peut, par des régénérations successives, servir de 30 à 40 fois, au bout desquelles il finit par être chargé d'une quantité de soufre pouvant s'élever jusqu'à

(1) Pelouze. *Comptes rendus*, LIII, p. 685, et *Bulletin de la Société d'encouragement*, 2^e série, t. VIII, 1861, p. 675.

(2) Gossage. *History of the soda manufacture*, p. 14.

(3) Henderson (William), brevets 883, 8 avril 1859, et 2900, 20 décembre 1859.

40 pour 100. C'est cette matière, mise de côté par les usines à gaz, qu'on emploie depuis quelque temps comme source de soufre dans la fabrication de l'acide sulfurique; elle peut être grillée dans les fours à pyrites ordinaires. « M. Hills (1), qui a breveté cette application du résidu imprégné de soufre, a donné la description d'un four spécial pour sa combustion, dont le principe consiste à étendre la matière sur un certain nombre de tablettes chauffées au rouge, de manière à assurer l'oxydation parfaite du soufre. On emploie des quantités considérables de cette matière dans la grande fabrique d'acide sulfurique de Barking Creek, sur les rives de la Tamise, appartenant à M. J. B. Lawes. Suivant ce dernier, en 1859 la consommation s'élevait à 737 tonnes, en 1860 à 2,035 tonnes, et en 1861 à 2,180 tonnes. On dit qu'une tonne de cette matière fournit 1 1/4 tonne d'acide sulfurique hydraté (2). »

Après avoir dit quelques mots du procédé relatif à l'absorption des vapeurs nitreuses, proposé depuis plus de vingt ans par Gay-Lussac, appliqué encore dans quelques grandes usines comme celles de M. C. Allhusen, à Gateshead, et de Saint-Gobain (France), mais abandonné dans beaucoup d'autres en raison surtout du prix peu élevé du nitrate de soude, le rapporteur examine les procédés de concentration de l'acide sulfurique.

Concentration de l'acide sulfurique. — « Dans le sud du Lancashire seul, on fabrique par semaine non moins de 700 tonnes d'acide sulfurique concentré, d'une densité de 1,85. L'évaporation nécessaire pour atteindre ce degré de densité se faisait, dans le principe, dans des vases en verre d'une capacité comparativement assez restreinte; une casse assez fréquente et la perte d'acide qu'elle entraînait engagèrent les fabricants à adopter les magnifiques alambics en platine dont on a eu l'occasion d'admirer plusieurs spécimens dans les départements français et anglais de l'Exposition. Le prix de ces vases est énorme; ce qui l'élève encore, c'est l'avantage injuste et peu intelligent que le gouvernement russe semble disposé à retirer de son monopole du minerai de platine, et cette circonstance que l'industrie de ce métal sera forcément toujours entre les mains de quelques fabricants. De plus, l'expérience a dé-

(1) Hills (F. C.), brevet 1873, 6 juillet 1857.

(2) Si on estime à 1 pour 100 la moyenne totale du soufre dans la houille employée à la fabrication du gaz, ce qui est au-dessous de la réalité, la houille annuellement distillée seulement à Londres et ses faubourgs contient 10,000 tonnes de soufre, égales théoriquement à 30,625 tonnes d'acide sulfurique hydraté. Dans ce calcul on évalue à 1 million de tonnes la consommation annuelle de la houille pour la fabrication du gaz à Londres; mais cette évaluation n'est pas assez élevée. D'après M. A. Upward, 1,100,000 tonnes ne représenteraient même pas encore la consommation réelle. Les fabricants de gaz de Londres calculent que 1 *bushel* (36 litres) d'oxyde de fer hydraté, pesant à peu près 70 livres (31^k,70) si l'on emploie de l'oxyde natif, et 45 livres (20^k,30) si l'oxyde est mélangé de sciure de bois, suffit pour la purification du gaz produit par 9 tonnes environ de houille de Newcastle. Dans les fabriques de gaz de Londres, l'oxyde saturé de soufre est retourné au fabricant de cet article qui entreprend la purification du gaz. Souvent les mêmes industriels qui fournissent et reprennent l'oxyde de fer achètent aussi le goudron du gaz; mais, le plus ordinairement, le goudron passe dans les mains de manufacturiers qui ne s'occupent nullement de la purification ou désulfuration du gaz.

montré que, sous l'influence de l'acide sulfurique bouillant, le platine même s'use graduellement, surtout en présence des acides nitreux ou nitrique (1). Pour remédier à ces inconvénients, les fabricants ont essayé successivement plusieurs méthodes et différentes matières pour la concentration de leurs acides. Parmi les différents vases employés dans ce but, nous mentionnerons les grandes cornues en fonte (Seckendorff) (2), remplies partiellement de sable ou de gypse sur lequel on répand l'acide qu'on veut concentrer. Peu de fabricants ont essayé cette méthode. On n'a pas accueilli plus favorablement la proposition faite récemment par M. Keller (3) d'opérer l'évaporation dans le vide, et déjà publiée du reste par M. Kuhlmann (4), il y a un certain nombre d'années. »

Après avoir mentionné le système breveté en Amérique de M. Clough (5), reposant sur ce fait que l'acide sulfurique même concentré attaque à peine le plomb à la température ordinaire et consistant à ne chauffer que la surface du liquide, tandis que la chaudière en plomb est placée dans un vase en fer où circule un courant continu d'eau froide; après avoir en même temps dit quelques mots du brevet de M. Gossage fils (6), ayant pour but la concentration de l'acide sulfurique par un courant d'air surchauffé, arrivant par le bas dans une colonne en plomb remplie de cailloux, pendant que l'acide faible descend par le haut, M. Hofmann ajoute que ces divers procédés n'ont

(1) D'après M. Scheurer-Kestner de Thann, l'usure dans les alambics en platine est très-considérable. Dans un appareil qui produisait, en fonctionnant régulièrement, 4,000 kilog. d'acide sulfurique par jour, on trouva que 1,000 kilog. d'acide dissolvaient ou détruisaient environ 2 grammes de platine. Cette quantité peut augmenter d'une manière très-notable, si l'acide sulfurique contient des vapeurs nitreuses. Dans ces circonstances, 1,000 kilog. d'acide sulfurique peuvent enlever 4 et même 5 grammes de platine. On peut cependant facilement remédier à cet inconvénient en détruisant les vapeurs nitreuses par le sulfate d'ammoniaque, d'après le procédé de M. Pelouze. En suivant cette méthode, l'acide sulfurique peut être si complètement débarrassé des composés nitrés, que le permanganate de potasse n'est nullement affecté par l'acide soumis à cette purification. L'usure du platine est bien moindre dans les alambics neufs. On a remarqué, en s'en servant pour la première fois, que la perte de platine occasionnée par 1,000 kilog. d'acide dépasse à peine 1 gramme; cette quantité s'élève graduellement à 2 grammes. Du platine récemment martelé est plus compacte et beaucoup moins facilement attaqué. M. Scheurer-Kestner a fait quelques expériences intéressantes sur la résistance de vases en platine contenant de l'iridium, fabriqués par MM. Desmoutis, Chapuis et Quennessen, à Paris. Deux capsules, l'une en platine, l'autre en alliage de platine et d'iridium, furent introduites dans un alambic en platine et y restèrent exposées pendant deux mois à l'action de l'acide sulfurique bouillant. La capsule en platine pur était complètement déformée et sa surface corrodée; elle n'avait perdu pas moins de 19,66 pour 100 de son poids. La capsule en iridio-platine, au contraire, avait conservé sa forme; la surface en était restée brillante, et la perte ne dépassait pas 8,88 pour 100 de son poids. Par conséquent, la perte de la seconde capsule n'est pas plus de 45 pour 100 de la perte éprouvée par le vase en platine pur.

(2) Seckendorff. *Wagner's Jahresbericht*, I, 1855, p. 56.

(3) Keller. *Génie indust.*, août 1859, p. 110.

(4) Kuhlmann. *Comptes rendus*, 3 juin 1844.

(5) Clough. *Amer. pat. off. Report.*, I, 495.

(6) Gossage (William Herbert), brevet 13424, 20 décembre 1850.

pas donné de résultats satisfaisants, et qu'on commence à renoncer aux alambics de platine pour en revenir à l'ancienne méthode de concentration dans des vases en verre. « Les cornues employées à cet usage, dit-il, sont en verre plombé ; elles sont beaucoup plus grandes qu'autrefois, et, comme on les fabrique avec beaucoup plus de soin, la perte occasionnée par la casse n'est plus si forte. On les chauffe soit à feu nu, soit dans des vases en fer formant bain de sable. On entretient constamment une température très-élevée dans l'atelier, afin de protéger les parties supérieures des vases en verre contre les courants d'air froid. En outre, on fait continuellement fonctionner les cornues, l'acide concentré étant soutiré au moyen d'un siphon et remplacé par de l'acide chaud de moindre densité. Les fabricants français, au contraire, sont restés fidèles à la méthode de concentration dans le platine. » (M.)

(La suite au prochain cahier.)

CHIMIE MÉTALLURGIQUE.

DES EFFETS PRODUITS PAR L'INTRODUCTION DES MÉTAUX DU WOLFRAM DANS LA FABRICATION DU BRONZE, DE LA FONTE ET DE L'ACIER, PAR M. CARON,

directeur du laboratoire de chimie du dépôt central de l'artillerie. (*Extrait.*) (1)

Le minerai appelé *wolfram* est un tungstate de fer et de manganèse contenant :

Protoxyde de fer.	de 0,156 à 0,138
Protoxyde de manganèse.	de 0,160 à 0,130
Acide tungstique.	de 0,684 à 0,732

Il ne contient pas d'étain. La seule mine de wolfram exploitée en France appartient à M. Dubreuil et se trouve située à Puy-les-Vignes, près de Saint-Léonard (Haute-Vienne). Le minerai séparé de sa gangue (du quartz) est pulvérisé et grillé dans des fours à réverbère, afin de lui enlever en grande partie le soufre et l'arsenic qu'il peut contenir. Dans cet état, c'est-à-dire avant la réduction, il pourrait être livré au commerce au prix de 2^f,60 le kilog., mais on a reconnu qu'avant de l'employer il est nécessaire de le réduire à l'état métallique pour faciliter sa combinaison avec les métaux usuels. Pour cela, on mélange le wolfram grillé avec une quantité de charbon plus que suffisante pour sa réduction, et on le chauffe dans des fours particuliers à une température assez élevée et pendant un temps assez considérable pour que la réduction soit complète. Le produit de cette opération est livré au commerce sous le nom de *wolfram réduit* et vendu à un prix qui varie de 4^f,50 à 3^f,75 le kilog.; c'est, comme on le voit, un composé de tungstène, de fer, de manganèse et de charbon, si toutefois la ré-

(1) Nous rappelons que le *Bulletin* de 1860 (2^e série, t. VII, p. 299) a déjà publié, sur cette question, un article relatant plusieurs expériences faites en Allemagne sur l'emploi du wolfram dans la fabrication de l'acier.

duction a été complète et si pendant le refroidissement il n'y a pas eu réoxydation des métaux déjà réduits.

Chargé par M. le Ministre de la guerre d'étudier, au point de vue de la dureté et de la résistance, l'influence que le wolfram peut avoir sur des alliages de ce métal avec le bronze, avec la fonte et avec l'acier, M. le capitaine Caron s'est livré à une série de recherches qui font l'objet d'un mémoire inséré dans les *Annales de chimie et de physique* (3^e série, t. LXVIII, p. 143).

Alliages de bronze à canon et de wolfram. — L'artillerie ayant un intérêt tout particulier à augmenter la dureté du bronze à canon sans en diminuer la ténacité qui, jusqu'ici, a paru convenable, l'auteur a spécialement étudié l'alliage du bronze réglementaire avec des quantités variables de wolfram réduit. Ses expériences lui ayant démontré que le tungstène ne semble réellement s'allier ni avec le cuivre, ni avec l'étain, ni avec le bronze, il en conclut que ce métal ne peut produire avec l'alliage à canon qu'un composé dépourvu d'homogénéité et surtout moins tenace que le bronze ordinaire. Si ce dernier acquiert de la dureté par sa fusion avec le wolfram, cela tient à la présence du fer et du manganèse, ainsi qu'à la dispersion, dans la masse, d'un métal plus dur; mais cette dureté n'est pas assez grande pour qu'il soit utile d'introduire dans la composition du métal à canon un nouveau corps qui, par son application, nécessiterait des changements radicaux dans le mode de fusion actuel (le remplacement des fourneaux à réverbère par des creusets).

Alliages de fonte et de wolfram. — Cinq barreaux d'alliage de même provenance et de même échantillon, dans lesquels les proportions de tungstène variaient de $\frac{1}{8}$ à 1 pour 100, ont été soumis à des expériences de flexion (1) dans lesquelles on a observé les flèches de courbure pour des charges variant de 8 en 8 kilog. et qui ont été poussées jusqu'à 48 kilog. On a reconnu que la résistance croissait d'une manière constante avec la proportion de tungstène, et qu'ainsi l'addition à faible dose de ce métal avait sur les propriétés de la fonte une influence marquée; le grain de cette fonte était régulier, fin et grisâtre, et la cassure dénotait une grande homogénéité.

Il est clair, d'après ces expériences, qu'il y aurait, surtout au point de vue de la ténacité, avantage à allier les fontes avec des doses de wolfram appropriées à leur qualité; mais M. Caron fait remarquer qu'il reste à savoir si cette application ne serait pas limitée à certains cas particuliers où la fonte devrait avoir un maximum de ténacité et de dureté.

Alliages d'acier et de wolfram. — Lorsqu'on fond de l'acier avec des doses de wolfram qui souvent doivent varier non-seulement avec la qualité de l'alliage qu'on veut avoir, mais encore avec celle de l'acier employé, on obtient toujours une augmentation de dureté et surtout de ténacité. Le métal offre alors une cassure particulière à grains serrés avec des effets brillants et moirés qui permettent, avec un peu d'habitude, de reconnaître facilement à l'œil un acier obtenu avec du wolfram sans avoir recours à une analyse, très-délicate d'ailleurs.

(1) Ces expériences ont été faites au Conservatoire des arts et métiers par M. Tresca.

Ayant fondu de l'acier de cémentation de bonne qualité avec 5 pour 100 de wolfram réduit, M. Caron a obtenu un culot d'une dureté telle que les outils servant à trancher le fer et l'acier s'émousaient sur le métal rouge; et cependant ce métal se forgeait très-bien, mais en exigeant infiniment plus de force que l'acier ordinaire. Après le recuit, on a pu le limer facilement, mais il acquérait par la trempe une dureté extraordinaire, comparable seulement à celle des fontes blanches les plus dures.

Lorsque l'on emploie avec l'acier des doses moins fortes de wolfram (1 à 2 p. 100), les propriétés acquises par le métal sont les mêmes, mais moins développées. Il est cependant à remarquer que, pour obtenir avec un acier de qualité inférieure les mêmes résultats qu'avec un acier meilleur, il faut employer plus de wolfram dans le premier cas que dans le second.

Il est une espèce d'acier dans laquelle l'introduction du wolfram réduit a une influence toute particulière, c'est l'acier fondu doux. A ce sujet, M. Caron explique que des échantillons d'un acier doux particulier ayant été apportés à l'atelier de précision de l'artillerie, on en a fait l'essai comme canon de fusil, et que ce canon ayant résisté à des tirs faits avec des charges extraordinaires telles que, par exemple, 150 grammes de poudre avec cinq balles du poids de 135 grammes, il a été conduit par analogie à supposer que le métal employé devait contenir du tungstène. En effet, des analyses faites sur deux échantillons, l'un qu'il appelle *acier doux* parce qu'il se trempe à peine (métal du canon de fusil), et l'autre *acier dur* parce qu'il devient extrêmement dur par la trempe, lui ont permis de constater la présence, d'une part, de 0,0115 de tungstène et, d'autre part, de 0,0140, avec traces de manganèse dans les deux cas. Il conclut de là que, bien que l'on puisse supposer trop faible le chiffre représentant le tungstène, les échantillons essayés ont dû évidemment être obtenus avec des minerais contenant du wolfram ou qu'ils ont été fabriqués de toutes pièces, en ajoutant du wolfram réduit dans le creuset où s'opérait la fusion de l'acier.

Après avoir ainsi procédé analytiquement, M. Caron a pensé qu'il était indispensable d'opérer par voie synthétique, en essayant de produire lui-même un acier ayant l'aspect et les propriétés des aciers en question. Divers tâtonnements l'ont conduit aux proportions suivantes. On a fondu, dans un creuset de terre et à une température excessivement élevée, un mélange de 200 grammes d'acier de cémentation très-carburé, de 800 grammes de fer de bonne qualité et de 20 grammes de wolfram réduit; total du mélange, 1,020 grammes. Le métal en fusion a été coulé dans une lingotière en fonte légèrement chauffée. Les lingots ainsi obtenus dans toutes les opérations étaient toujours sains et exempts de bulles, sauf à la partie supérieure. Ils se sont tous forgés sans difficulté et même ont pu être *ressués*, c'est-à-dire chauffés au blanc soudant.

La cassure du métal recuit était à grains fins et brillants, mais n'offrait aucun nerf; après la trempe, au contraire, le grain était devenu soyeux et moiré; au lieu de se casser net sous le choc du marteau, il a pu être replié sur lui-même; il a été nécessaire, pour obtenir une cassure, de faire une incision de quelques millimètres dans la barre essayée. En somme, M. Caron a obtenu toutes les propriétés de l'acier qu'il

voulait reproduire, sauf la dureté après la trempe qui était un peu plus grande dans le sien, ce qu'il explique en disant que probablement la quantité d'acier de cémentation était encore trop forte par rapport à celle du fer ou que la dose de wolfram était un peu trop grande.

Lorsque l'on a voulu obtenir de l'acier semblable à l'acier dur, il a suffi d'augmenter la proportion d'acier de cémentation par rapport à celle du fer sans changer la quantité de wolfram; on est arrivé ainsi et très-facilement, en employant toutefois certaines précautions, à reproduire des aciers ayant une dureté et une ténacité considérables, une cassure à grain très-fin et moiré après la trempe et quelquefois avant pour les aciers vifs.

Les aciers obtenus avec les mêmes matières, mais sans addition de wolfram, ont été reconnus bien inférieurs sous tous les rapports.

En résumé, l'auteur est d'avis que l'application du wolfram réduit à l'acier fondu doit amener une amélioration notable dans la qualité de toutes les espèces d'aciers et notamment de l'acier doux. La dose nécessaire pour obtenir les qualités dont on a parlé n'étant pas considérable, et son application ne nécessitant aucun changement dans le mode habituel de fusion, l'emploi du wolfram n'entraînerait pas à une augmentation de prix assez grande pour faire reculer le consommateur.

Réduction économique du minerai de wolfram. — Après avoir prouvé l'utilité de l'application du wolfram à l'acier, M. Caron s'est préoccupé du moyen de diminuer le prix du wolfram réduit que M. Dubreuil, le propriétaire de la mine de Saint-Léonard, obtient à un taux trop élevé. D'après ses recherches, il lui a paru certain que la température nécessaire et suffisante pour une bonne réduction du wolfram par le charbon n'atteignait pas le point de fusion de l'acier. Supposant donc que la réduction du minerai grillé se fasse dans un creuset à fondre l'acier, ainsi que dans les mêmes conditions, il examine quel sera le prix du kilogramme du wolfram réduit, en y comprenant celui du wolfram grillé, le déchet par la perte d'oxygène et le prix de la réduction, qui se trouvera égal à celui de la fusion de l'acier estimé au maximum à 0^f,20 par kilog., tous frais compris.

Les creusets à fondre l'acier à la flamme de la houille ont environ 0^m,60 de hauteur et un diamètre moyen de 0^m,12, ce qui leur donne une capacité de 6 à 7 litres, capacité qui, pour le cas actuel, pourrait être portée facilement à 10 litres sans le moindre inconvénient. Ces creusets contiennent 20 kilog. d'acier dont la fusion, à raison de 0^f,20 par kilog., revient à 4 francs par creuset. En remplaçant l'acier contenu dans le creuset par un mélange convenable de wolfram grillé et de charbon, combien ce creuset pourra-t-il contenir du mélange à chauffer dans les mêmes conditions que l'acier?

D'après les expériences faites par l'auteur et les renseignements fournis par M. Dubreuil, la proportion de 25 pour 100 de charbon de bois pulvérisé semble la plus convenable pour la réduction du minerai (théoriquement, il ne faudrait que 16 pour 100). 1 litre de wolfram grillé et de 25 pour 100 de charbon pèse 1^k,660 environ; il contient 1,300 de wolfram. La capacité du creuset étant de 10 litres, il contiendra 16^k,600

dont la réduction coûtera par suite 4 fr. comme les 20 kilog. d'acier. Mais 16^k,600 du mélange ne contiennent que 13^k,300 environ de wolfram grillé qui, eux-mêmes, ne contiennent que 10^k,500 de métal, car il perd 21 pour 100 de son poids par l'expulsion de l'oxygène. Le prix de 4 francs pour le chauffage du creuset et frais divers s'applique donc à 10^k,500 de wolfram réduit, ce qui porte le prix de la réduction par kilogramme à 0^f,38, soit 0^f,40.

Voyons maintenant quel est le prix du poids de wolfram grillé que contient 1 kilog. de wolfram réduit.

1 kilog. de wolfram grillé contient, en métal, les 79/100 de son poids; par conséquent, il faudra 1^k,270 de ce minerai pour obtenir un kilog. de wolfram réduit. Or 1 kilog. de wolfram grillé coûte, ainsi qu'on l'a dit plus haut, 2^f,60; donc 1^k,270 coûteront 3^f,30 qui seront le prix du kilogramme de métal. En ajoutant à 3^f,30 le prix de la réduction de 0^f,40, calculé ci-dessus, on aura pour le prix du wolfram réduit 3^f,70. M. Caron regarde ce chiffre comme un maximum, et il croit qu'en employant des appareils et des procédés analogues à ceux qui servent pour cémenter le fer on arriverait à des prix bien plus faibles encore et se rapprochant de 5 francs les 100 kilogrammes.

En terminant, M. Caron fait remarquer que le wolfram de M. Dubreuil ne lui semble pas chauffé suffisamment; c'est un mélange de wolfram réduit et de charbon. Avec une température plus élevée, le charbon se combinant complètement avec le métal donne un corps plus compacte et beaucoup moins oxydable. Cette dernière qualité est très-importante, car dans la fabrication des aciers au wolfram une grande quantité de ce métal s'oxydant avant la fusion, de l'acier passe dans la scorie et se trouve dès lors sans effet. Les analyses viennent confirmer ce fait; ainsi dans les aciers dont il a été question on n'a jamais retrouvé qu'une très-faible partie du tungstène et du manganèse qui y avaient été mis.

Comme conclusion de tout ce qui vient d'être dit, en laissant de côté l'application du wolfram au bronze qui ne lui paraît pas susceptible d'être employé avantageusement, et sans se prononcer sur l'utilité qu'il pourrait y avoir à améliorer les fontes par une addition de wolfram, M. Caron croit pouvoir, en toute sécurité, recommander à l'industrie l'emploi de ce métal pour donner à l'acier des qualités qui seront, sans aucun doute, appréciées par le consommateur. En suivant à peu près les prescriptions indiquées et en opérant comme il a été dit, le prix de l'acier n'aurait à subir, au maximum, qu'une augmentation de 7 à 8 francs par 100 kilog. en comptant à 3^f,70 le kilogramme réduit, augmentation insignifiante par rapport au bénéfice qui en résulterait dans l'emploi du métal.

(M.)

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE.

RAPPORT SUR L'APPLICATION DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE A L'ÉCLAIRAGE DES PHARES ;
PAR M. L. REYNAUD, DIRECTEUR DU SERVICE DES PHARES.

Monsieur le Ministre,

Je viens soumettre à Votre Excellence des propositions relatives à l'éclairage des phares au moyen de la lumière électrique.

De nombreuses expériences ont été faites sur cette lumière à l'atelier central des phares, de 1848 à 1857. Elles ont donné d'excellents résultats en ce qui est de l'intensité lumineuse ; mais les courants étaient demandés à des piles, et les manipulations qu'exigent ces appareils, les chances d'extinction, l'irrégularité des produits ainsi que les dépenses, avaient porté à conclure que ce mode de production de la lumière ne pouvait être adopté pour l'éclairage de notre littoral.

Vers la même époque s'essayait, tant en France qu'en Angleterre, un système entièrement nouveau, basé sur les courants d'induction récemment découverts par M. Faraday (1). Il avait été appliqué pendant les premiers mois de 1859 à l'éclairage d'un des feux de South Foreland, où les ingénieurs du service des phares l'avaient vu fonctionner, et, à la fin de la même année, une machine magnéto-électrique de la compagnie l'*Alliance* fut expérimentée par ces ingénieurs avec assez de succès pour engager votre département à en ordonner l'acquisition. Depuis lors, les études ont été poursuivies par nous avec toute la sollicitude que commande le sujet, et il en est rendu un compte détaillé dans le rapport ci-joint de l'ingénieur en chef Allard.

Je vais avoir l'honneur de vous présenter un résumé de ces travaux et de vous soumettre les conclusions auxquelles nous nous sommes arrêtés, M. Allard et moi ; mais je crois devoir au préalable rappeler en quelques mots en quoi consiste le système et quels sont ses principaux organes.

Il y a deux choses à considérer dans l'éclairage électrique : la production d'électricité et la production de lumière. La machine magnéto-électrique détermine le courant ; des charbons, dont la position est régularisée par un appareil spécial, produisent la lumière.

La machine que nous avons se compose de 56 aimants distribués dans sept plans verticaux équidistants, sur les arêtes d'un prisme droit à base octogonale. Les bobines passent entre les groupes d'aimants. Elles sont fixées sur des disques tournant autour de l'axe du prisme et mis en mouvement par une machine à vapeur. Un courant s'établit dans les fils des bobines lorsqu'elles s'approchent d'un pôle, et il se renverse quand elles s'en éloignent. Seize changements de direction correspondent à chaque révolution du cylindre. Le maximum d'intensité s'obtient lorsque la machine exécute

(1) Voir *Bulletin* de 1860, 2^e série, t. VII, p. 549.

de 350 à 400 tours par minute, et le sens du courant s'intervertit alors de près de 100 fois par seconde.

Les courants partiels de même nature se réunissent et sont alternativement mis en communication, tantôt avec le bâti en fonte de la machine, tantôt avec une pièce métallique fixée sur l'axe des disques de bobines par l'intermédiaire d'une substance isolante. L'un des fils conducteurs saisit successivement sur cette pièce l'un et l'autre des courants totaux, le second les prend sur le bâti. Ces fils sont entourés d'une matière isolante sur tout leur parcours. La machine à vapeur est de la force de 2 chevaux.

Les courants sont conduits dans un régulateur ou lampe électrique, qui porte les deux charbons à la pointe desquels se produit la lumière. Cet appareil a pour objet de rapprocher convenablement les charbons à mesure qu'ils se consomment, sans leur permettre d'arriver au contact. Divers systèmes ont été imaginés à cet effet. Celui qui a été le plus expérimenté par nous, et qui paraît le meilleur jusqu'à présent, a été imaginé par M. Serrin (1) d'après une base posée par M. Foucault. Voici quelle est sa composition :

Deux porte-charbons sont fixés chacun à une tige verticale, qui se meut dans une gaine. Ces tiges sont reliées l'une à l'autre de manière que, lorsque celle du haut descend en vertu de son poids, l'autre se relève exactement de la même quantité. Ce mouvement est modéré et régularisé par un volant avec engrenages. La gaine du porte-charbon inférieur est supportée par un parallélogramme articulé, sur l'un des côtés duquel est fixée une petite tige d'arrêt, qui, suivant qu'elle s'abaisse ou s'élève, embraye l'une des roues d'engrenage et arrête le mouvement, ou la laisse libre et permet aux charbons de se rapprocher. Ce parallélogramme est soumis à l'action de deux forces diamétralement opposées : l'une, produite par un ressort à boudin, tend à le soulever ; l'autre, due à un électro-aimant que traverse le courant, tend à l'abaisser en agissant sur une armature fixée à la partie supérieure du parallélogramme.

L'appareil est réglé de telle sorte que, quand les pointes des charbons sont à la distance voulue pour la production de la lumière, l'engrenage est embrayé, d'où résulte l'immobilité des porte-charbons. Cette distance augmente par suite de la combustion, le courant s'affaiblit, l'électro-aimant perd de sa puissance, le parallélogramme obéit au ressort, soulève la tige d'embrayage, les porte-charbons se mettent en mouvement, se rapprochent et ne s'arrêtent qu'au moment où le courant a repris assez d'intensité pour déterminer un nouvel embrayage. Quelquefois, quand le mécanisme n'a pas été parfaitement réglé, le mouvement n'est pas entravé à temps, les charbons arrivent au contact et la lumière s'éteint ; mais alors et immédiatement le courant, ayant acquis une grande intensité, oblige le porte-charbon inférieur à s'abaisser d'une quantité convenable, l'autre conservant sa position ; et la lumière reparaît avec toute son intensité.

Une disposition particulière permet de régler le mécanisme suivant la force du courant qu'il est appelé à régulariser.

(1) Voir le dessin et la description de l'appareil Serrin dans le *Bulletin* de 1861, 2^e série, t. VIII, p. 647.

On voit que ce dernier appareil est extrêmement ingénieux, et j'ajouterai dès à présent que, malgré la délicatesse de ses organes, il fonctionne avec une régularité très-remarquable (1).

Les charbons sont carrés, de 6 à 8 millimètres de côté, et peuvent avoir jusqu'à 0^m,20 de longueur chacun. Leur qualité exerce une grande influence sur leur durée et même sur la quantité de lumière produite. Ceux que fournit le commerce proviennent des parties les plus denses des dépôts de carbone qui se forment dans les cornues où l'on distille la houille pour obtenir le gaz d'éclairage. Un chimiste, M. Jacquelain, en avait fabriqué, il y a quelques années, qui leur étaient de beaucoup supérieurs; ils s'usaient fort peu, et ils donnaient près de deux fois plus de lumière. Il n'a pu malheureusement les obtenir qu'en petits fragments, et il paraît avoir renoncé au projet qu'il avait formé d'exploiter son invention en la perfectionnant. Un pharmacien de Paris, M. Curmer, nous a également présenté des charbons plus avantageux que ceux du commerce sous le double rapport de l'intensité et de la régularité de la lumière; mais ils ont l'inconvénient de brûler plus vite et de rougir parfois dans toute leur longueur.

Il y a lieu d'espérer des améliorations sous ce rapport. En attendant, c'est sur les charbons actuels qu'il faut compter, et je n'appellerai votre attention que sur les résultats qu'ils ont donnés.

L'intensité de la lumière obtenue avec l'appareil que je viens de décrire présente de grandes variations, lesquelles proviennent non pas du courant électrique, qui est constant tant que la vitesse est la même, ce qu'il est facile d'obtenir, mais du défaut d'homogénéité des charbons, de légères modifications dans leur écartement et surtout du déplacement de l'arc voltaïque, qui se porte tantôt d'un côté des pointes, tantôt de l'autre. Il est assez difficile de la mesurer au photomètre, parce que ces variations sont incessantes; cependant on y parvient quand on sait se contenter du degré de précision que réclame la pratique. Dans l'état actuel des choses, on peut attribuer à cette intensité une valeur moyenne de 180 à 190 becs de Carcel (2), un maximum de 280 becs et un minimum de 100 becs environ. On n'obtenait pas autant au début de nos expériences; nous n'avions pas trouvé plus de 140 becs d'intensité moyenne. Le progrès qui s'est réalisé doit être attribué en partie à l'augmentation de puissance que le travail a développée dans les aimants, et à une amélioration dans les charbons qui ont été choisis avec plus de soin. On voit qu'il en annonce d'autres.

La consommation des charbons peut être évaluée à 0^m,05 par pôle et par heure, les déchets non compris.

(1) Il est à remarquer que cette délicatesse n'est pas une des conditions du système. Les appareils qui s'exécutent en ce moment doivent présenter beaucoup plus de résistance, sans perdre de leur efficacité.

(2) On a adopté pour unité de lumière, dans le service des phares, la lumière émanée d'une lampe de Carcel ayant un bec de 0^m,20 de diamètre et consommant 40 grammes d'huile de colza par heure.

Je dois ajouter qu'il ne paraîtrait pas prudent de faire dépendre le service d'un phare d'une seule machine à vapeur, ni même d'une seule machine magnéto-électrique. Il faudra deux mécanismes de chaque espèce, si l'on ne veut être exposé à des extinctions dont les suites pourraient être très-graves, et il conviendra même d'avoir deux appareils optiques, afin de pouvoir remédier aux accidents qu'éprouverait une lampe, renouveler les charbons sans interrompre l'éclairage et doubler, en cas de besoin, l'intensité du feu. Un commutateur, placé à portée du gardien, permettra de faire passer instantanément la lumière d'un appareil à l'autre.

Ces points établis, je passe aux diverses questions que soulève l'application de la lumière électrique à l'éclairage des phares, lesquelles sont relatives aux appareils optiques, aux dépenses, à l'intensité lumineuse, aux portées et aux chances d'accidents.

On sait qu'une certaine relation a été observée dans nos appareils actuels entre leurs dimensions et celles de la flamme allumée à leur foyer, et l'on conçoit aisément qu'il en doit être ainsi afin de contenir la divergence des rayons lumineux entre les limites convenables. Or, tandis que la flamme d'un appareil de premier ordre a près de 0^m,09 de largeur sur 0^m,10 de hauteur, celle de la lumière électrique est réduite à 0^m,01 sur 0^m,012 à 0^m,015. Placée au foyer d'un appareil de ce genre, cette dernière donnerait de huit à neuf fois moins de divergence que l'autre; l'espace angulaire éclairé dans le plan vertical ne serait que de 45 à 50 minutes; on ne projetterait sur la surface de la mer qu'un anneau lumineux, entier ou fragmenté suivant que le feu serait fixe ou à éclipses, et il suffirait d'un léger déplacement du foyer pour diriger les rayons sur le ciel ou les abaisser au pied du phare. En outre, les montants de l'armature et ceux de la lanterne, étant plus larges que la flamme, occulteraient complètement les feux fixes dans des espaces angulaires assez étendus pour que les intérêts de la navigation fussent exposés à en souffrir, et réduiraient dans une notable proportion l'intensité des éclats que produisent les feux à éclipses.

La lumière électrique exige donc d'autres appareils et d'autres lanternes. Cette condition est un avantage, s'il s'agit d'une nouvelle création, parce que ces appareils seront beaucoup moins dispendieux que les autres; elle doit être regardée comme un inconvénient, si l'on veut substituer l'électricité à l'huile de colza dans un phare existant.

Des considérations théoriques permettent de reconnaître qu'une lumière électrique placée au foyer d'un appareil lenticulaire de 0^m,30 de diamètre doit donner une divergence de 5 degrés environ dans le plan vertical, et les observations faites par M. Allard établissent qu'elle atteint en réalité à 6 degrés, à raison des imperfections inévitables du travail, ce qui est à peu près celle d'un appareil de premier ordre, laquelle est justifiée par l'expérience.

On peut donc admettre que, dans les circonstances où la lumière produite par l'huile de colza exigerait un appareil de 1^m,84 de diamètre, la lumière électrique ne demanderait, ne comporterait même qu'un appareil de 0^m,30.

De nombreuses mesures prises à l'atelier des phares ont montré qu'avec un appa-

reil à feu fixe de cette dimension et une lumière variant de 160 à 180 becs, on obtient dans l'axe une intensité moyenne de 4,000 becs environ, et qu'à 2 degrés au-dessus et au-dessous elle atteint encore à 600 ou 700 becs, c'est-à-dire au maximum d'un feu fixe de premier ordre.

Il est facile maintenant d'évaluer le mérite économique de la lumière électrique au point de vue de l'éclairage maritime. Ainsi que je l'ai fait pressentir tout à l'heure, il varie suivant qu'il s'agit d'une création nouvelle ou d'une substitution à opérer dans un phare existant. Je prendrai pour exemple un phare de premier ordre à feu fixe; dans l'une et l'autre hypothèse, je tiendrai compte de l'intérêt et de l'amortissement des dépenses de premier établissement, ainsi que des frais annuels d'entretien, et j'admettrai l'emploi des nouvelles machines de la compagnie *l'Alliance*, lesquelles, avec quatre disques seulement, donnent une intensité moyenne de 150 becs.

L'intensité du faisceau lumineux émané d'un appareil de 0^m,30 à feu fixe, éclairé de cette manière, équivaldra à 3,600 becs environ.

Des calculs ci-annexés établissent que, dans un phare dont les dépenses de construction s'élèvent à 200,000 fr., ce qui peut être regardé comme un taux moyen, les prix de l'unité de lumière par heure sont, dans l'hypothèse d'une création nouvelle,

Pour le phare à huile de colza : intensité, 630 becs; prix de l'unité, 0 c. 995.

Pour le phare électrique : intensité, 3,600 becs; prix de l'unité, 0 c. 184.

Avantage économique du phare électrique : 5,41.

Mais, dans l'état actuel de notre éclairage maritime, il s'agirait bien plutôt de substituer la lumière électrique à celle de l'huile dans les phares existants que de l'installer dans une nouvelle construction, et il n'y aurait plus à faire entrer en ligne de compte la valeur de l'édifice et de l'ancien appareil pour apprécier, ainsi qu'il convient, les bénéfices de la mesure. On ne devrait considérer que les dépenses de la substitution et celles de l'entretien annuel.

Les prix de l'unité de lumière envoyée par heure à l'horizon deviendraient respectivement 0 c. 37 et 0 c. 11.

Avantage économique de la lumière électrique, 3,36.

Si l'on faisait abstraction des dépenses de premier établissement, on trouverait que, tandis que les frais d'entretien annuel d'un phare de premier ordre alimenté à l'huile de colza s'élèvent à. 9,421 75

Ceux du même phare éclairé par l'électricité seraient de. 12,240 »

Le prix de l'unité de lumière envoyée à l'horizon avec l'appareil électrique descendrait à 0 c. 08 par heure, et l'avantage économique de cette lumière s'élèverait à 4,62.

Ce que je viens de dire sur les phares à feu fixe s'applique aux phares à éclipses, sauf quelques légères modifications dans les chiffres, et je ne crois pas nécessaire d'entrer dans de nouveaux détails à ce sujet.

Examinons actuellement jusqu'à quel point la navigation a intérêt à l'augmentation d'intensité qui résulterait de l'adoption de la lumière électrique.

Cet intérêt est nul dans les circonstances ordinaires de l'atmosphère, car la plupart

de nos phares de premier ordre, et il ne peut être question des autres maintenant, portent alors aussi loin que le permet l'élévation de leur foyer au-dessus du niveau de la mer. On peut même dire qu'un excès d'intensité lumineuse est plutôt un inconvénient qu'un avantage, parce qu'il tend à produire l'éblouissement. Tel écueil ou tel feu lointain qui eût été aperçu si la lumière du phare avait été moins vive échappe à un organe qui vient d'être trop fortement impressionné. Mais on doit reconnaître qu'il est utile d'avoir des feux très-puissants toutes les fois que des brumes plus ou moins intenses viennent réduire la transparence habituelle de l'atmosphère et accroître les dangers de la navigation. La portée de nos phares diminue dans une forte proportion à mesure que l'opacité augmente, et l'on est fondé à regretter qu'ils n'aient pas reçu plus d'intensité.

Le tableau ci-dessous présente quelques chiffres qui paraissent de nature à faire apprécier l'influence des brumes et les services que peut rendre l'éclairage électrique. Ils supposent l'observateur doué d'une bonne vue ordinaire, et l'état de l'atmosphère y est défini par la portée de l'unité de lumière en kilomètres. Les portées correspondantes d'un phare à l'huile et d'un phare électrique sont également exprimées en kilomètres, et elles sont relatives, les unes à un phare à feu fixe, les autres à un phare à éclipses de minute en minute.

PORTÉE de la lumière unité en kilomètres.	PORTÉE EN KILOMÈTRES D'UN PHARE DE PREMIER ORDRE.			
	A FEU FIXE.		A ÉCLIPSES.	
	Huile.	Électricité.	Huile.	Électricité.
	Intensité, 630 b.	Intensité, 3,600 b.	Intensité, 5,000 b.	Intensité, 25,000 b.
5	18,7	23,4	24,3	28,9
4	12,9	15,9	16,4	19,2
3	8,45	10,2	10,5	12,1
2	4,89	5,77	5,94	6,78
1	2,08	2,40	2,46	2,76
0,5	0,93	1,06	1,08	1,20
0,1	0,160	0,177	0,180	0,195

On voit avec quelle rapidité les portées diminuent en même temps que la transparence atmosphérique. Un phare de premier ordre à feu fixe par exemple, qui s'aperçoit à 37^k,41 dans les circonstances ordinaires pour lesquelles la portée de la lumière unité est égale ou supérieure à 7 kilom. environ, n'éclaire plus qu'à 8^{kilom.},45 lorsque

cette portée est réduite à 3 kilomètres, ce qui n'exige pas pourtant une brume très-prononcée. Et il est à remarquer que les chiffres du tableau sont des maxima qui ne sont pas atteints dans la pratique. Ils se rapportent en effet à la partie la plus brillante du faisceau émané de l'appareil, laquelle est dirigée tangentielllement à l'horizon maritime, de sorte que, quand l'état de l'atmosphère ne permet d'apercevoir le feu qu'à faible distance, la quantité de lumière envoyée à l'observateur est inférieure à celle qui a servi de base à mes calculs.

Mais un fait beaucoup plus important encore au point de vue de l'éclairage électrique ressort nettement de ce tableau : c'est que les augmentations de portée sont fort loin de répondre, surtout quand la brume prend une certaine consistance, à ce qu'il était permis d'attendre des différences entre les intensités lumineuses. Que l'unité de lumière ne se voie qu'à 2 kilomètres, les phares alimentés à l'huile porteront, l'un à 4^{kilom.},89, l'autre à 5^{kilom.},94, et les mêmes phares éclairés par l'électricité n'auront de portée que 5^{kilom.},77 et 6^{kilom.},78. Si le premier de ces chiffres descendait à 1 kilomètre, les autres deviendraient respectivement 2^{kilom.},08, 2^{kilom.},46, 2^{kilom.},40 et 2^{kilom.},76. Je n'entends pas conclure de là à l'inutilité du nouveau mode d'éclairage ; je veux seulement constater exactement sa valeur en ce qui concerne les intérêts maritimes. Il sera précieux dans certains états de l'atmosphère, et l'on ne saurait méconnaître d'ailleurs qu'il est des circonstances de navigation où une différence de portée, si faible qu'elle soit, n'est pas à dédaigner.

J'ajouterai, du reste, deux observations qui tendent l'une et l'autre à prouver qu'on pourra, dans la pratique, assurer à l'éclairage électrique un peu plus de mérite comparatif que ne lui en attribuent les calculs précédents.

En premier lieu, puisque c'est uniquement pour les temps brumeux que se recommande le nouveau système, il conviendra de diriger en conséquence le maximum d'éclat du faisceau lumineux, de ne pas l'envoyer à l'horizon, mais un peu au-dessous, de manière à donner plus d'intensité aux rayons plongeants ; ce qu'on ne peut faire avec les phares actuels, sous peine de réduire leur portée utile dans l'état moyen de l'atmosphère. Je ne donne pas les chiffres qui exprimeraient les bénéfices qu'on peut attendre d'une disposition de ce genre, parce qu'ils varieront avec la hauteur du foyer au-dessus du niveau de la mer, et que je ne veux pas entrer dans des détails qui me mèneraient beaucoup trop loin.

En second lieu, il est à remarquer que l'obligation où l'on est d'avoir un double jeu de machines pour assurer la régularité de l'éclairage électrique permet, faculté qu'on n'a pas avec les phares à l'huile, de doubler à peu près les intensités au moment où le besoin s'en fait sentir, et cela sans qu'il en résulte un accroissement sensible de dépense. Le phare électrique à feu fixe, par exemple, au lieu de ne porter qu'à 15^{kilom.},9 dans l'un des états de l'atmosphère qu'indique le tableau, sera vu alors à une distance de 17^{kilom.},1, tandis qu'un phare ordinaire ne l'eût été qu'à 12^{kilom.},9. Par une brume plus intense, alors que le phare à l'huile ne porte qu'à 2^{kilom.},08, le phare électrique doublé portera à 2^{kilom.},53 ; différence, 450 mètres. Cette différence ne

serait que de 100 mètres environ, si la première de ces portées descendait à 1 kilom.

Sans doute les gardiens ne reconnaîtront pas toujours qu'il y a lieu d'avoir recours à cette ressource, ils pourront ne pas juger la présence d'un banc de brume à l'horizon : il est possible qu'il n'y ait aucun feu dans le voisinage, dont la disparition leur annonce l'état de l'atmosphère ; mais il en est de cette mesure comme de l'augmentation d'intensité : on doit également se garder d'en exagérer et d'en contester l'efficacité.

Je passe à une autre question. L'intensité lumineuse n'est point, entre certaines limites, la chose la plus essentielle à considérer dans un phare ; la régularité du service n'est pas de moindre importance, et il est incontestable que le mode actuel d'éclairage est préférable, sous ce rapport, à celui qui se présente pour le remplacer. On sait quels sont les dangers inhérents à toute machine à vapeur ; la lampe Serrin est un appareil qui paraît bien délicat pour être mis entre les mains de nos gardiens ; un crayon de carbone peut se briser près de son point d'attache, et il s'écoule un assez long temps avant qu'il se soit rapproché de l'autre ; ces crayons s'usent, et on ne peut pas compter sur une durée de combustion de plus de trois heures sans être obligé de les renouveler ; enfin la position du foyer lumineux n'est pas fixe, et l'expérience semble prouver qu'il s'abaisse peu à peu quand les deux crayons présentent même résistance.

Mais il est bien rare qu'une grande innovation unisse, dès le début, la sécurité à ses autres mérites. C'est au temps qu'il appartient de lui apporter ce complément, et l'expérience prouve qu'il n'y manque pas. Peut-être, d'ailleurs, les inconvénients qui viennent d'être signalés n'ont-ils pas toute la gravité qu'on serait tenté, au premier abord, de leur attribuer.

Il est à remarquer, en effet, en ce qui concerne la machine à vapeur, qu'elle ne sera mise en mouvement que pendant la nuit et le peu de temps qu'exigera l'alimentation du réservoir d'eau, qu'on aura toute la journée pour la visiter et la mettre en parfait état, et que, si un accident se produisait pendant son service, la machine de rechange, qui serait toujours en feu, la remplacerait bien vite ; en ce qui est des lampes, qu'on en aurait un assez grand nombre pour que les gardiens ne fussent pas obligés de toucher au mécanisme et puissent les renvoyer à Paris à des intervalles réguliers ; en ce qui touche aux charbons, que dès qu'il se produira une extinction dans l'appareil en service, le second appareil pourra être instantanément allumé au moyen d'un commutateur placé sous la main du gardien ; enfin, quant au déplacement du foyer, que, dans les nombreuses expériences auxquelles nous avons procédé, il n'a pas dépassé 0^m,003 pendant la durée de la combustion d'un crayon ; qu'atteindrait-il à 0^m,005, le faisceau lumineux ne serait relevé que de 2 degrés environ, et enverrait encore près de 700 becs à l'horizon, et que, d'ailleurs, il appartiendra aux gardiens de remédier au mal dès qu'il se produira d'une manière sensible, et aux ingénieurs d'imaginer un mode de contrôle qui permette de s'assurer de la vigilance de ces agents.

En fait, la machine magnéto-électrique installée à l'atelier des phares a marché pendant 1,042 heures depuis le commencement des expériences, et l'on a noté scrupuleusement tous les accidents qui se sont produits, ainsi que le constate le rapport ci-joint. Ils ont été au nombre de quinze, sur lesquels deux seulement éprouvés par la machine à vapeur ont été de nature à déterminer une extinction prolongée.

Je dois ajouter enfin, avant d'arriver à mes conclusions, que je verrais à l'adoption de l'éclairage électrique cet avantage que, dans les temps de brume, la machine à vapeur supplémentaire pourrait être employée à mettre en jeu des instruments sonores, qui porteraient à bien plus grande distance que les cloches auxquelles on a recours actuellement.

En résumé, on obtient, avec la lumière électrique, des intensités de beaucoup supérieures à celles que produisent nos appareils les plus puissants, et le prix de l'unité de lumière est notablement inférieur; les dépenses d'entretien annuel seront plus élevées de 29 pour 100 dans les phares de premier ordre, mais elles auront pour effet de quintupler au moins l'intensité lumineuse : cette amélioration sera sans utilité réelle dans les circonstances ordinaires de l'atmosphère et dans les cas de brume très-épaisse, mais elle pourra être précieuse pour la navigation dans les états intermédiaires de la transparence atmosphérique; l'éclairage électrique n'offre pas, sous le rapport de la régularité du service, autant de garanties que le système actuel, mais les chances d'extinction ne paraissent pas nombreuses, et il y a lieu de compter sur des améliorations; enfin le mécanisme qu'il exige conduirait à donner plus de portée à nos signaux sonores pour les temps de brume.

(Suivent les évaluations de dépenses, les propositions relatives à l'exécution et les conclusions du rapport.)

Avis de la commission des phares.

Après avoir entendu lecture de ce rapport, la commission, qui s'est réunie à l'atelier central des phares, examine successivement avec un vif intérêt tous les mécanismes qui concourent à la production de la lumière électrique, ainsi que les appareils optiques destinés à donner une direction convenable aux rayons lumineux; elle fait allumer des phares à feu fixe et des phares à éclipses, les uns à la lumière électrique, les autres de premier ordre et alimentés à l'huile de colza; et elle clôt une mûre délibération en déclarant qu'elle adopte le rapport et ses conclusions.

Conformément aux conclusions du rapport précédent et à l'avis de la commission des phares, une décision de S. Exc. M. le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, en date du 14 juillet 1863, a ordonné, à titre d'essai, l'application de la lumière électrique à l'éclairage d'un des phares de premier ordre du cap de la Hève, près du Havre.

ARTS CHIMIQUES.

SUR UN PROCÉDÉ D'EXTRACTION DU SUCRE DE BETTERAVES,
PAR M. L. KESSLER.

« Les modifications que je propose dans le traitement de la betterave, en vue de l'extraction du sucre, s'adressent à trois parties de la fabrication :

« 1° A l'extraction du jus, pour laquelle j'emploie de préférence le déplacement par l'eau ;

« 2° A la défécation, que j'effectue avec la magnésie, en la faisant suivre ou non d'une deuxième défécation avec un excès de chaux ;

« 3° A la séparation de l'excès de chaux par un *filtre gras*.

« I. *Extraction du jus*. — Les presses dont on fait usage maintenant donnent environ 82 parties de jus et 18 de pulpes ou d'absorption par les sacs pour 100 de betteraves. Par une pratique généralement suivie, ce rendement de jus est porté à 85 parties lorsqu'on arrose la râpe avec de l'eau, de manière à en ajouter environ $\frac{1}{5}$. On a alors pour 100 kilogrammes de betteraves 106 kilogrammes de jus, contenant 21 kilogrammes d'eau par conséquent.

« Je crois avantageux de substituer à l'emploi des presses celui des *tables de déplacement*, telles que je les établis depuis dans les distilleries de mon système. On râpe fin la betterave lavée ; on en débat la pulpe pour la rendre homogène, et on l'étend, à l'épaisseur de 0^m,10 à 0^m,15, sur une sorte de grand filtre à fleur de terre.

« Lorsqu'on arrose cette couche de pulpe avec de l'eau pure, on en retire d'abord pour 100 kilogrammes : 110 kilogrammes de jus forts, contenant $\frac{1}{5}$ d'eau, soit 22 kilogrammes, et 88 kilogrammes de jus pur ; ensuite viennent des jus faibles 1° ou 1° $\frac{1}{2}$ du densimètre, qui contiennent à $\frac{1}{2}$ pour 100 près tout le jus restant. Ces jus plus faibles peuvent être distillés ; mais, lorsqu'on les utilise pour le commencement de l'arrosage d'une table voisine, on pousse le rendement des jus forts à 115 ou 116 kilogrammes d'un mélange de $\frac{1}{5}$ d'eau et de $\frac{4}{5}$ de jus pur, représentant, par conséquent, 32 à 34 kilogrammes de ce dernier. Or, la betterave ne renfermant que 35 pour 100 de jus, on peut négliger le peu de jus faibles qui viennent en travail courant et s'en servir simplement pour laver les filtres et les appareils de l'usine. Les tables coûtent d'installation environ le dixième des presses, n'exigent ni force motrice ni transmission de mouvement ; leur manutention emploie six ou sept fois moins de bras. On peut, en distillant les jus faibles, consacrer à l'extraction du sucre plus des trois quarts du jus à peu près sans eau. J'ajouterai que ce procédé a fait aujourd'hui ses preuves entre les mains des agriculteurs.

« II. *Défécation à la magnésie*. — On connaît les inconvénients de la défécation à la chaux. Elle est souvent impraticable, sans qu'on en sache la raison, sur des betteraves venues dans des conditions en apparence excellentes. Toujours elle est délicate, car la dose de chaux convenable est comprise dans une limite très-étroite en deçà et

au delà de laquelle se trouve également l'insuccès. Cette dose varie avec chaque sorte de betterave et avec chaque saison ; elle varie même avec le degré d'acidité du jus, qui change, ainsi que je l'ai souvent constaté, avec la durée et l'étendue du contact de l'air. D'ailleurs la même dose de chaux qui convient produit des effets tout différents, suivant qu'on l'ajoute en une seule ou en plusieurs portions, et qu'on l'introduit à des températures plus ou moins élevées. A l'ébullition, presque toutes les défécations, même réussies avant qu'on y arrive, se détériorent, et l'écume devient grasse. Enfin la chaux redissout par son excès, d'ailleurs nécessaire, certains principes colorables ultérieurement qui ont toujours obligé à compléter son action détergente par l'intervention du noir animal.

« La magnésie, au contraire, présente toutes les qualités qui manquent à la chaux pour l'acte de la défécation. Assez alcaline pour transformer la pectine en pectates, elle laisse cependant le jus presque neutre, en raison de son insolubilité et de son inaptitude à se combiner au sucre. Elle entraîne sans les dissoudre les matières colorantes, et son excès ne nuit jamais. Aussi le jus déféqué avec son secours est-il beaucoup plus dépouillé qu'avec la chaux, et dès lors, ne se colorant plus pendant le traitement ultérieur, il n'oblige plus à l'emploi du noir animal.

« Nous n'avons eu encore le temps d'examiner, ni si cette base entraîne à l'état de phosphate ammoniaco-magnésique tout le phosphore ou toute l'ammoniaque, ni si, suivant les idées émises par M. Paul Thénard, l'inaltérabilité de la liqueur est due à l'absence des phosphates alcalins.

« On prend 1 1/2 pour 100 du poids de la betterave, ce qui représente entre 5 et 10 pour 100 de ce même poids à l'état pâteux. On la délaye dans une partie du jus, et on ajoute à froid au reste environ un quart de ce mélange, afin de le neutraliser. On chauffe et l'on procède à la défécation comme d'ordinaire, seulement on a soin de ne mettre toute la magnésie que par portions espacées à quelques minutes d'intervalle, à la température de 80° à 95°, c'est-à-dire avant l'ébullition. On soutire le jus après un repos de dix à quinze minutes. Les écumes sont sèches et serrées, on les fait égoutter et on les exprime facilement. Au sortir de la chaudière, le jus doit être peu coloré, limpide et jaune-verdâtre clair ; sinon on doit ajouter plus de magnésie. On évapore la liqueur à feu nu, à la vapeur ou dans le vide, jusque vers 25° du densimètre ; on passe au débourbeur, ou bien on laisse déposer et l'on procède à la cuite, à la cristallisation, à la purge, etc., comme d'habitude. Le sirop contient très-peu de magnésie, et son goût n'en est pas affecté.

« Cependant je conseille de faire suivre cette première défécation à la magnésie d'une seconde à la chaux. La dose convenable est d'environ 1 centième en poids d'un lait de chaux à 15° du densimètre. Je dois faire observer ici que l'alcalinité du jus n'est nullement une preuve que la chaux a épuisé son action précipitante, et cette alcalinité cependant est due à cette base et non à l'ammoniaque, attendu qu'elle persiste jusqu'à la fin de l'évaporation, et que la liqueur continue à précipiter par CO².

« Le dépôt provenant de cette seconde défécation est peu volumineux ; on l'emploie à saturer à froid le jus destiné à la première défécation.

« III. *Saturation de la chaux.* — Si l'on a opéré par la double défécation que je viens de décrire, on évapore également le jus jusque vers 20° ou 25°; puis, avant de procéder à la cuite, on enlève l'excès de chaux qui, très-utile pendant l'évaporation pour prévenir la transformation du sucre en mélasse, nuirait à l'ébullition et à la cristallisation du sirop concentré.

« Les acides gras ont été proposés avant moi pour enlever la chaux; mais la difficulté de leur emploi les a toujours tenus écartés de la pratique. On réussit admirablement cependant avec eux par le moyen suivant :

« A de la poudre grossière d'un corps résistant aux acides, comme le coke ou le grès naturel, on ajoute à sec et à froid 15 pour 100 en poids environ d'acide oléique. On charge de ce mélange un filtre et l'on passe dessus le jus calcaire. Il se forme un oléate de chaux insoluble qui ne quitte pas la poudre, et l'on observe que le sirop, qui, en entrant, rougissait le papier de curcuma, le laisse jaune à la sortie.

« Lorsque le même réactif indique la présence de la chaux dans le jus filtré, on révivifie facilement le filtre avec un peu d'acide chlorhydrique. Il se forme du chlorure de calcium soluble, et l'acide gras n'abandonne pas la poudre. Si le filtre s'obstrue par des dépôts étrangers, on le remplit d'eau, et en mettant la partie supérieure de son contenu (c'est la seule qui s'embourbe) en suspension, puis décantant la boue, on le dégorge avec rapidité.

« L'usage de cet appareil, plus utile encore pour les sucreries qui continueront à employer la chaux seule, remplace avantageusement la saturation par l'acide carbonique. Il permet de pousser très-loin l'évaporation des sirops en les maintenant très-alcalins, condition très-favorable à la conservation du sucre, parce qu'elle permet ensuite, du même coup, de clarifier la liqueur et de séparer la chaux. On ne jouissait de cette facilité, ni avec l'emploi du noir animal, dont l'affinité pour la chaux déjà peu active est paralysée par la concentration des sirops, ni avec celui de l'acide carbonique, dont le précipité les eût empâtés.

« Après le passage au filtre gras, le sirop reprend une saveur franchement sucrée. Le faible goût huileux qu'il emporte disparaît à la première ébullition. Il peut entrer dans la consommation directe. La cuite et les autres opérations se pratiquent comme d'ordinaire. Le grain se forme parfaitement, le sirop massé est peu coloré en jaune.

« La magnésie employée à la défécation devra se retirer des eaux salées et de l'eau de mer par une simple addition de chaux et un lavage. Les eaux mères des marais salants, après le retrait des sels doubles alcalins par les procédés de M. Balard, ne consistent presque plus qu'en chlorure de magnésium concentré.

« Évaporées à sec ou à 45°, elles se transporteront facilement aux sucreries. Cette source de magnésie illimitée, la mer, permettra donc ainsi de livrer la magnésie à si bas prix, qu'il ne sera nullement nécessaire de la reprendre aux écumes.

« Enfin celles-ci devront sans doute, et sans perte pour les mélasses en raison du phosphate ammoniaco-magnésien qu'elles pourront contenir, rendre à la terre immédiatement les deux agents les plus fertilisants contenus dans la plante : le phosphore et l'azote. » (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences.*)

NOTICES INDUSTRIELLES

EXTRAITES DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Sur les moyens de diminuer la résistance intérieure des piles voltaïques, et sur les effets de cette diminution dans les appareils à grandes intensités, par M. J. B. Viollet. — « On sait que plusieurs obstacles s'opposent à la construction des piles voltaïques capables de produire économiquement des courants d'une grande intensité, et qu'un des principaux consiste dans la résistance intérieure de la pile. Parmi les modifications de l'appareil auxquelles on pouvait songer pour échapper à cette difficulté, l'accroissement de surface des vases poreux se présentait naturellement. Mais, dans l'état actuel de la fabrication de ces vases, on se trouvait bientôt arrêté, parce que cet accroissement diminue la perméabilité, en exigeant une augmentation d'épaisseur, et fait perdre une forte partie de l'avantage attendu.

« J'ai donc cherché à produire des vases poreux présentant aux liquides un passage beaucoup plus facile, et je suis parvenu depuis quelque temps à en exécuter de tels, par plusieurs moyens dont le principal consiste à interposer dans un mélange céramique convenable une matière susceptible d'être plus tard détruite et de laisser des pores très-nombreux, capables de donner un produit aussi spongieux qu'on le juge utile. La matière dont je parle est ordinairement une substance organique pulvérulente qui disparaît par la cuisson.

« J'ai exécuté ainsi des vases beaucoup plus poreux que ceux dont on se sert actuellement, et ces nouveaux vases, quoique plus épais, ont donné, toutes choses égales d'ailleurs, des intensités notablement plus fortes que des vases poreux ordinaires qui avaient cependant été améliorés déjà par l'usage.

« L'accroissement considérable de la perméabilité des vases n'augmente pas autant qu'on le croirait d'abord l'influence nuisible des filtrations d'un compartiment du couple dans l'autre et la consommation inutile qui en résulte. Pour rendre cet inconvénient très-négligeable, il suffit de faire en sorte que, par l'effet de leurs densités respectives, les deux colonnes liquides soient en équilibre dans les deux compartiments.

« Quoique l'on puisse accroître dans une proportion très-considérable la perméabilité des vases, je ne dois cependant pas exagérer l'importance absolue de l'augmentation. La résistance du vase poreux n'est, en effet, qu'une fraction de la résistance intérieure totale du couple; et, quand même on supprimerait entièrement le diaphragme, on n'anéantirait pas la résistance intérieure apportée par les liquides, ni celle du circuit extérieur. Aussi, dès que les vases ont atteint un certain degré de porosité, on a beau les rendre de plus en plus perméables, on n'observe bientôt que des accroissements d'intensité de moins en moins marqués.

• Mais l'augmentation pour ainsi dire indéfinie de la porosité permettant d'agran-

dir considérablement les dimensions des vases et de laisser, malgré l'accroissement nécessaire de l'épaisseur des parois, ces vases aussi et même plus perméables que les plus poreux de ceux qui sont aujourd'hui en usage, il est clair que ce moyen permet de diminuer la résistance intérieure dans des proportions beaucoup plus fortes que si l'on se bornait à modifier la porosité des vases sans en changer les dimensions. Il est d'ailleurs évident que plus les vases sont grands, moins il faut en assembler pour intensité, lorsque l'on veut obtenir un effet donné, ce qui diminue considérablement les difficultés et la main-d'œuvre.

« Dans le Mémoire, je termine par une analyse fort élémentaire et par la discussion de plusieurs formules, montrant l'importance des améliorations que l'accroissement de la porosité des vases apporte dans les piles, et je fais voir qu'elle permet :

« 1° D'augmenter l'intensité dans un même circuit extérieur ;

« 2° De diminuer très-notablement, quand le circuit extérieur n'est pas fort résistant, le nombre des couples de tension nécessaires pour obtenir une même intensité ;

« 3° D'employer utilement, pour parvenir aux mêmes intensités, des réactions chimiques donnant lieu à de moindres forces électro-motrices. » (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences.*)

Sur un procédé d'argenture à froid du verre, par l'emploi du sucre interverti, par M. A. Martin. — « Parmi les nombreux procédés d'argenture, celui qui semblait le mieux s'appliquer à la construction des télescopes en verre est le procédé Drayton, tel qu'il a été décrit par M. Léon Foucault, avec des détails très-précis, dans le tome V des *Annales de l'Observatoire impérial*. Toutefois, ce procédé exigeant une très-grande habileté de la part de l'opérateur, il y avait lieu de rechercher une méthode qui, par sa simplicité et sa sûreté, pût devenir populaire.

« Après avoir étudié et expérimenté avec soin tous les procédés connus (aldéhyde, sucre de lait, glucosate de chaux, etc.), je suis arrivé à en adopter un qui, par la facilité de sa mise en œuvre d'une part, et de l'autre par l'adhérence et la constitution physique de la couche d'argent déposée, me paraît remplir toutes les conditions désirables.

« On commence par préparer :

« 1° Une solution de 10 grammes de nitrate d'argent dans 100 grammes d'eau distillée ;

« 2° Une solution aqueuse d'ammoniaque pure marquant 13 degrés à l'aréomètre de Cartier ;

« 3° Une solution de 20 grammes de soude caustique pure dans 500 grammes eau distillée ;

« 4° Une solution de 25 grammes de sucre blanc ordinaire dans 200 grammes eau distillée. On y verse 1 centimètre cube d'acide nitrique à 36 degrés, on fait bouillir pendant vingt minutes pour produire l'interversion, et on complète le volume de

500 centimètres cubes à l'aide d'eau distillée et de 50 centimètres cubes d'alcool à 36 degrés.

« Ces liqueurs obtenues, on procède à la préparation du liquide argentifère. On verse dans un flacon 12 centimètres cubes de la solution de nitrate d'argent (1°), puis 8 centimètres cubes d'ammoniaque à 13 degrés (2°), enfin 20 centimètres cubes de la dissolution de soude (3°); on complète par 60 centimètres cubes d'eau distillée le volume de 100 centimètres cubes.

« Si les proportions ont été bien observées, la liqueur reste limpide, et une goutte de solution de nitrate d'argent doit y produire un précipité permanent; on laisse reposer, dans tous les cas, pendant vingt-quatre heures, et dès lors la solution peut être employée en toute sécurité.

« La surface à argenter sera bien nettoyée avec un tampon de coton imprégné de quelques gouttes d'acide nitrique à 36 degrés, puis elle sera lavée à l'eau distillée, égouttée et posée sur cales à la surface d'un bain composé de la liqueur argentifère ci-dessus indiquée que l'on aura additionnée de 1/10 à 1/12 de la solution de sucre inverti (4°).

« Sous l'influence de la lumière diffuse, le liquide dans lequel baigne la surface à argenter deviendra jaune, puis brun, et au bout de deux à cinq minutes l'argenteure envahira toute la surface du verre; après dix à quinze minutes, la couche aura atteint toute l'épaisseur désirable, il n'y aura plus qu'à laver à l'eau ordinaire d'abord, puis à l'eau distillée, et on laissera sécher le verre à l'air libre en le posant sur la tranche.

« La surface sèche offrira un poli parfait recouvert d'un léger voile blanchâtre. Sous l'action du moindre coup de tampon de peau de chamois saupoudré d'une petite quantité de rouge à polir, ce dernier voile disparaîtra et laissera à nu une surface brillante que sa constitution physique rend éminemment propre aux usages de l'optique auxquels elle est destinée. » (*Idem.*)

Sur un mode de conservation de la matière colorante du tournesol, par M. le docteur A. Vogel. — On sait que la teinture de tournesol, employée si fréquemment dans les recherches analytiques, s'altère progressivement, même dans les vases fermés, et perd sa couleur bleue pour en prendre une d'un jaune-brun. Ce qui prouve que ce changement de nuance résulte non de la destruction de la matière colorante, mais d'une simple désoxydation, c'est qu'en l'agitant avec le contact de l'air on voit reparaître la couleur bleue. On peut donc, conformément à l'observation bien fondée de M. Mohr, conserver sans inconvénient la teinture de tournesol dans des flacons ouverts et en partie vides, dont on ferme imparfaitement l'orifice avec des tampons de coton destinés seulement à empêcher l'introduction de la poussière. Cependant l'auteur a vu plusieurs fois de la teinture de tournesol, surtout en solution peu concentrée, devenir à la longue trouble et rougeâtre. Ce dernier phénomène était probablement dû à l'acide carbonique de l'air, car il a suffi

de faire bouillir le liquide pour rétablir la couleur bleue. M. Vogel se sert donc maintenant de teinture de tournesol faite immédiatement avant chaque expérience, avec un peu de tournesol qu'il a trouvé moyen de conserver sans altération, et qu'il fait dissoudre dans l'eau.

La préparation de ce tournesol est fort simple.

On prend 16 gram. de tournesol du commerce; on les réduit en poudre fine; on les met dans une éprouvette cylindrique en verre, avec 120 centim. cubes d'eau distillée froide, et on les y laisse pendant vingt-quatre heures, en ayant soin de les remuer de temps en temps. Comme la première liqueur extraite contient tout l'alcali libre du tournesol, on la met de côté et l'on verse sur le résidu resté dans l'éprouvette une nouvelle quantité de 120 centim. d'eau distillée qu'on laisse encore séjourner pendant vingt-quatre heures en l'agitant de temps en temps. On fait une deuxième décantation, et l'on divise le liquide qui en provient en deux parties égales, dont on agite la première avec un tube en verre trempé dans de l'acide azotique étendu, en répétant les additions de cet acide, à l'aide du tube, jusqu'à ce que la liqueur paraisse franchement rouge. On la mêle alors avec l'autre moitié réservée et qui est encore bleue. Il en résulte un liquide bleu tirant un peu sur le rouge. On obtient donc ainsi une teinture de tournesol aussi neutre que possible, que l'on fait ensuite évaporer dans une capsule de porcelaine placée sur un bain de sable, en évitant d'atteindre l'ébullition. Il reste une masse grenue, amorphe, que l'on conserve dans un flacon bien bouché. Cette matière se dissout dans l'eau complètement, sans laisser de résidu, et donne une teinture d'un bleu plus ou moins foncé, selon la quantité d'eau employée. On obtient donc ainsi l'avantage de pouvoir préparer à tout instant une teinture de tournesol au degré de concentration dont on a besoin. Lorsque l'on veut, par exemple, faire une expérience avec une liqueur titrée, on met dans un verre à pied contenant un peu d'eau un grain gros comme une tête d'épingle de l'extrait dont nous venons de parler, et l'on obtient une teinture très-convenable. Cet extrait peut être conservé dans des vases clos pendant des années entières sans perdre sa grande solubilité et sa couleur bleue. (*Buchner's neues Jahrbuch der Pharmacie*, et *Dingler's Polytechnisches Journal*.)

Préparation de l'huile de poisson pour les cuirs d'empeigne, par M. Martz. — Pour rendre l'huile ordinaire brune de poisson propre au graissage des cuirs, M. Martz, de Stuttgart, la soumet au traitement suivant :

Il prépare une forte solution de tanin, en faisant bouillir des écorces de chêne, de pin, etc., dans de l'eau, puis il mêle

2 parties de cette solution,

1 partie d'huile ordinaire de poisson,

et il agite ou il brasse le tout jusqu'à ce que le corps gras ait pris la consistance d'un beurre assez ferme, et que le tanin ait rendu insolubles plusieurs principes organiques et fait disparaître entièrement l'odeur forte de l'huile. Lorsque le liquide aqueux s'est séparé de l'huile, on mêle à cette dernière, pour la préserver d'une prompte al-

tération, environ 0^k,032 de créosote pour 50 kilog. d'huile que l'on peut alors employer. (*Württembergisches Gewerbeblatt*, et *Dingler's Polytechnisches Journal*.)

Blanchiment du bois de gaïac. — On sait que le bois de gaïac est le cœur de l'arbre de gaïac, originaire de l'Amérique centrale. Ce bois, très-rigide et très-lourd, d'un brun verdâtre, est pénétré de résine et possède une dureté considérable, presque métallique et telle qu'elle émousse promptement les haches et les scies. Cette dureté rend le gaïac propre à la confection de plusieurs organes mécaniques, de cylindres, de rouleaux, de boules pour les jeux de quilles et de beaucoup d'autres objets qui sont fort exposés à l'usure. Quoique ce bois, dans son état naturel, puisse recevoir le poli et des formes élégantes, on a cherché à le blanchir, et l'on est parvenu au procédé suivant :

On doit commencer par extraire la résine au moyen d'une solution de potasse ou de soude médiocrement forte, dans laquelle on immerge le bois pendant plusieurs heures. On lave ensuite l'objet dans l'eau, et on l'expose à l'action de l'acide sulfureux en le plongeant dans un liquide composé de 8 parties d'eau, 1 partie d'acide chlorhydrique et environ 6 centièmes de sulfite de soude. On couvre le vase, et l'on y laisse le bois jusqu'à ce qu'il soit devenu blanc ou plutôt presque blanc, car il conserve toujours une nuance un peu jaunâtre ; mais il prend un bel aspect par le poli. L'immersion dure ordinairement environ vingt-quatre heures. Comme l'effet de l'acide sulfureux ne s'étend pas jusqu'au centre, ainsi qu'il est facile de le prévoir, on doit toujours terminer les objets avant de les soumettre à ce traitement, à la suite duquel on les polit. Il faut avoir soin d'employer une lessive alcaline étendue, car, si elle était forte, elle ferait souvent naître des crevasses dans le bois. (*Saechsische Industrie Zeitung*, et *Dingler's Polytechnisches Journal*.)

Fusées de sûreté pour les mineurs, par MM. Victor et Polglase. — On remplit un tuyau de plomb ou de tout autre métal suffisamment ductile avec de la poudre, et l'on ferme les deux extrémités par la compression. On étire ensuite le tuyau dans une filière, ce qui comprime fortement la poudre en la rendant incapable d'explosion, mais seulement propre à une combustion lente. Il suffit d'amener le tuyau à une longueur quadruple. Ces fusées peuvent être de telle dimension que l'on veut, et possèdent une grande flexibilité. Elles ne souffrent pas de l'humidité et peuvent être conservées pendant un temps indéfini en paquets sans aucun danger, parce que l'on ferme leurs extrémités en les frappant avec un maillet en bois. Leur grand avantage consiste surtout en ce qu'elles n'exposent pas à des explosions soudaines, parce que, quand elles manquent leur effet, la cessation de la combustion devient évidente. (*Breslauer Gewerbeblatt*, et *Dingler's Polytechnisches Journal*.) (V.)

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

ARTS MÉCANIQUES.

RAPPORT *fait par* M. BENOÎT, *au nom du comité des arts mécaniques,*
sur une disposition particulière de la RÈGLE À CALCUL *ou* ÉCHELLE LOGA-
RITHMIQUE, *imaginée par* M. PÉRAUX, *négociant à Nancy.*

Messieurs, M. Péraux, négociant à Nancy, dans le mémoire qu'il vous a adressé, et que vous avez renvoyé à l'examen de votre comité des arts mécaniques, se plaint, avec raison, de ce qu'en France la Règle à calcul est fort peu usitée, très-peu connue et pas assez enseignée, tandis que cet instrument si simple, qui n'est guère employé que par les ingénieurs, devrait être usuel pour les industriels et les commerçants qui le négligent à tort.

M. Péraux attribue ce fâcheux état de choses à l'insuffisance des chiffres indiquant le résultat des opérations exécutées avec la règle ordinaire à deux échelles logarithmiques consécutives, longue de 0^m,25 seulement, et à ce que les ouvrages publiés sur la règle à calcul ne lui paraissent pas avoir traité, avec assez de développement, la partie élémentaire et pratique à l'usage des commerçants et des industriels (1).

(1) M. Péraux n'a sans doute pas eu l'occasion de lire les détails consignés dans le troisième chapitre de la *Règle à calcul expliquée*, de M. Benoît, publiée par M. Mallet-Bachelier, dont l'art. III, page 355, traite des *Calculs de banque*, et l'art. IV, page 379, des *Calculs d'industrie et de négoce*.

Pour aplanir ces obstacles à la vulgarisation si désirable de la règle à calcul, ce négociant a eu l'idée de scinder l'échelle logarithmique en deux parties à peu près égales, afin de diminuer la longueur de l'instrument et d'en faciliter ainsi l'usage ; et il a rédigé la petite instruction qu'il vous a adressée, pour expliquer la manière de s'en servir et de l'appliquer à la solution de diverses questions à résoudre, par le calcul, dans le courant des affaires commerciales et industrielles.

Le dessin de grandeur naturelle, tracé à la septième page de cette instruction, représente la règle à calcul modifiée par M. Péraux. Une échelle logarithmique de 0^m,25 de longueur, celle qui est gravée sur la rive inférieure des règles à calcul ordinaire construites par M. Gravet-Lenoir, y est fractionnée en deux parties présentant les divisions relatives aux nombres de 1 à 3,2 et de 3,1 à 10, gravées respectivement sur les rives supérieure et inférieure d'une rainure creusée à la face antérieure d'une règle de 0^m,145 de longueur, ainsi que sur les bords en regard d'un *premier tiroir* glissant à frottement doux dans la rainure. Ces diverses divisions se correspondent ainsi exactement, quand le tiroir est entièrement rentré.

On voit bien que, par cet artifice, les divisions extrêmes de l'échelle logarithmique scindée seront deux fois plus longues que celles des deux échelles consécutives placées à la partie supérieure des règles à calcul de 0^m,26 ; que ces divisions pourront être ainsi subdivisées, et que les résultats fournis par la règle à calcul, ainsi modifiée, seront un peu mieux précisés en chiffres. Mais il est évident que, dès que le tiroir sera poussé à droite ou à gauche dans la rainure de la règle, toute la portion de ce tiroir qui la dépassera deviendra, en quelque sorte, *inutile* ; puisque les divisions sorties de la rainure ne se trouveront en regard d'aucune des divisions de la règle.

Par exemple, lors même qu'on ne veut multiplier ou diviser un nombre donné que par le nombre 2, plus de la moitié de la longueur du tiroir ne fournit aucune indication. Aussi, soit que l'on place, pour opérer, le 1 du tiroir sous le 2 de la règle, ou, au contraire, le 2 du tiroir sous le 1 de la règle, cet instrument ne fournira, dans les deux cas, que le double des nombres de 1 à 1,6 et de 3,1 à 5, ou que la moitié des nombres de 2 à 3,2 et de 6 à 10 ; de sorte qu'il ne pourra indiquer ni le double des nombres de 1,6 à 3,2 et de 5 à 10, ni la moitié des nombres de 1 à 2 et de 3 à 6.

Il est clair que cet inconvénient augmente de plus en plus à mesure que le multiplicateur ou le diviseur donné excède davantage le nombre 2, et que presque tout le tiroir sort du corps de la règle, quand ils n'atteignent même que le nombre 3.

Pour remédier à cette absence d'indications, M. Péraux pratique à la sur-

face du corps de la règle, à côté de la rainure mentionnée, une seconde rainure égale et parallèle, dans laquelle glisse un *second tiroir* en tout pareil au premier. Mais ici la première moitié de l'échelle logarithmique est tracée sur la rive inférieure de cette nouvelle rainure, la seconde moitié en occupe l'autre rive, et ces demi-échelles y sont placées de telle manière que, si l'on traçait les droites joignant leurs divisions avec les divisions correspondantes des demi-échelles tracées sur les rives de la première rainure, ces droites seraient perpendiculaires à la longueur du corps de la règle. Il résulte donc de cette disposition que les demi-échelles de la seconde rainure et de son tiroir en regard sont de rang différent, et que, par conséquent, leurs divisions, quand le second tiroir est fermé, ne se correspondent pas; mais que, lorsque le 1 du premier tiroir et le 10 du second sont amenés en regard de la division pareille des deux rives extrêmes des rainures, comme aussi lorsque le 10 du premier tiroir et le 1 du second sont placés en regard des divisions pareilles tracées entre les deux rainures, les divisions des deux tiroirs sont dans des positions relatives telles, qu'on peut les considérer comme appartenant, actuellement, à une même échelle logarithmique non scindée. En d'autres termes, les deux tiroirs peuvent être considérés comme n'en formant alors qu'un seul à deux échelles consécutives, et il est clair que la partie de l'un des tiroirs, dépassant le corps de la règle, est toujours remplacée par la partie pareille de l'autre tiroir engagée dans la rainure qui le reçoit.

La règle à calcul à *échelle scindée*, mais à *tiroir unique*, peut donc servir comme la règle à deux échelles consécutives, à la condition, toutefois, d'en manœuvrer concurremment les deux tiroirs, ou tout au moins de *choisir*, dans chaque cas, celui des deux tiroirs pouvant donner la solution de la question que l'on se propose de résoudre.

Votre comité des arts mécaniques pense que l'abandon de la simplicité et de l'uniformité de la manœuvre de la règle à calcul ordinaire de 0^m,26 de long, et de son *Échelle des racines carrées*, n'est pas racheté par l'avantage de restreindre la longueur de cet instrument par les moyens que M. Péraux a imaginés, qui en doublent d'ailleurs la largeur (1). Il vous propose toutefois,

(1) Si l'on se reporte à l'*Introduction historique* de mon ouvrage intitulé, *La règle à calcul expliquée*, etc., insérée à la page 584 de la 52^e année du *Bulletin* publiée en 1853, et si l'on remarque que le diamètre de toute circonférence de cercle est moindre que le tiers de son développement, on reconnaîtra que le moyen le plus simple d'obtenir, sous de petites dimensions, les mêmes avantages et la même simplicité de manœuvres que par l'emploi de la règle à calcul ordinaire est de se servir des *Échelles circulaires divisées logarithmiquement*, proposées, dès 1627, par Oughtred, et disposées comme le pratiqua Biler, en 1696, dans son instrument reproduit depuis par Leblond en 1798, et par Gattey en 1810, sous les noms de *Cadran logarithmique* et d'*Arithmographe*. La

Messieurs, de remercier ce négociant de la communication qu'il a bien voulu vous en faire ; d'ordonner l'impression du présent rapport dans le *Bulletin* de la Société, pour les porter à la connaissance de ses lecteurs, et de faire déposer le mémoire de M. Péraux dans vos archives, afin que, en le consultant, on puisse bien se convaincre, par le témoignage d'un homme pratique qui s'est affranchi de la routine, des services que les commerçants et les industriels pourraient retirer de l'usage des échelles logarithmiques, en général, dans le cours de leurs affaires, et des avantages qui résulteraient certainement de l'explication, dans l'enseignement primaire, des précieux instruments auxquels elles servent de base.

Signé BENOÎT, rapporteur.

Approuvé en séance, le 29 juillet 1863.

ALCOOMÉTRIE.

RAPPORT fait par M. GAULTIER DE CLAUBRY, au nom du comité des arts chimiques, sur L'ÉBULLIOSCOPE CENTÉSIMAL de mademoiselle BROSSARD-VIDAL, rue du Bac, 63.

Tout liquide sucré qui a fermenté dans des conditions convenables renferme une proportion plus ou moins considérable d'alcool mêlé avec les produits solubles contenus dans les substances employées ou fournies par leurs réactions.

Dans un grand nombre de circonstances, il devient important de déterminer la proportion d'alcool que renferme un liquide, qu'il soit destiné à servir comme boisson potable, à fournir de l'alcool ou à être converti en vinaigre.

Dans d'autres, il est nécessaire, en outre, de reconnaître la nature et de déterminer la proportion de tous les éléments qu'il renferme.

Cette dernière opération constitue une analyse, tandis que la première a pour but de doser, en volume, l'alcool contenu dans le liquide essayé.

Pour arriver exactement à cette détermination, il suffit de mesurer le liquide, d'en extraire le tiers par distillation et de prendre, à la température de 15° cent., le degré alcoolique de ce produit distillé.

figure et la description de cet arithmographe se trouvent à la page 49 de la 15^e année du *Bulletin* de la Société, où on lit encore, page 173, que M. Hoyau construisait, en 1816, des *Boîtes à calculer* divisées logarithmiquement sur leur périphérie cylindrique.

Mais, pour que ce résultat présente des avantages quand il s'agit de l'appliquer à des opérations courantes, il faut qu'il puisse être obtenu, en opérant sur de petites quantités, dans un temps relativement très-court et au moyen d'instruments simples, d'un facile usage, facilement transportables aussi et de nature à n'exiger aucune connaissance scientifique spéciale chez ceux qui opèrent.

Descroizilles aîné, de Rouen, auquel on doit aussi les procédés alcalimétriques et chlorométriques dont les arts ont tiré un si utile parti, depuis surtout que, modifiés par Gay-Lussac, ils ont acquis un degré de précision qui ne laisse plus rien à désirer, Descroizilles, disons-nous, avait proposé l'emploi d'un petit alambic propre à faire l'essai des liquides spiritueux, auquel on pouvait reprocher seulement d'être trop pesant et d'offrir quelques difficultés dans la manière de l'agencer et de le conduire.

Comme en toute occasion où Gay-Lussac a utilisé des instruments appliqués antérieurement à lui, en adoptant pour l'essai des liquides alcooliques le petit alambic de Descroizilles, il l'a modifié de la manière la plus heureuse, et aujourd'hui cet instrument est certainement ce qu'on peut employer de plus avantageux et de plus exact pour ce genre d'opération.

L'expérience démontre cependant que pour les personnes peu exercées il se présente quelques difficultés dans la mesure des liquides avant et après l'expérience; on sait qu'en outre il exige des corrections relatives au produit distillé, en raison des températures sous lesquelles on opère.

En 1830 (1), M. Tabarié proposa de son côté, pour l'essai des liquides spiritueux, un moyen ingénieux fondé sur un principe très-différent. Il consiste à en faire bouillir un volume donné dans une petite chaudière découverte jusqu'à ce que tout l'alcool soit expulsé; à rétablir, au moyen d'eau distillée, le volume primitif et, pour une température donnée, à conclure de la densité comparée du liquide, avant et après l'expérience, la proportion d'alcool préexistant.

Trois années plus tard il écrivait (2) :

« Quoique le procédé eût sur les alambics usités jusqu'alors des avantages
« reconnus par des savants distingués et par un bon nombre de distillateurs
« et de propriétaires de vignobles, je ne laissai pas que de conserver la
« crainte qu'un œil inattentif ou une main inexacte ne pussent fausser quel-
« quefois la justesse de l'opération. » Et il substituait alors à son mode

(1) *Annales de physique et de chimie*, t. XLV, p. 222.

(2) *Description des brevets expirés*, t. XXXVI, p. 329.

d'essai un procédé nouveau pour la détermination du degré alcoolique des liquides.

Après avoir vérifié que les points d'ébullition de divers mélanges d'alcool et d'eau étaient loin de correspondre avec les degrés alcooliques indiqués par la théorie, M. Tabarié eut la pensée de faire servir un thermomètre gradué au moyen de mélanges d'alcool et d'eau faits directement, à la richesse alcoolique des produits commerciaux.

Cet instrument se composait d'une petite chaudière cylindrique close par un autre cylindre muni intérieurement d'un cône creux qu'on entourait d'eau comme les réfrigérants des anciens alambics, et qui avait pour destination de condenser et, par conséquent, de faire retomber dans la chaudière les premières parties de l'alcool vaporisées.

Ce thermomètre avait un réservoir sphérique d'un faible diamètre qui plongeait au fond du liquide ; sa tige traversait la paroi de l'appareil distillatoire et faisait connaître la température.

Le point d'ébullition des liquides étant proportionnel à la pression qu'ils supportent, l'instrument était gradué à la plus faible pression barométrique, et la légère différence provenant de sa variation déterminée, en opérant avec l'eau, était ajoutée au nombre trouvé par expérience sur le liquide à essayer.

Les substances en dissolution dans l'eau pouvant en élever plus ou moins le point d'ébullition, M. Tabarié, convaincu que les choses se passaient de la même manière avec l'alcool, écrivait :

« La présence de substances fixes dans le vin (matières colorantes, salines, acides, en proportions diverses) ne peut qu'ajouter à la température. »

Pour lui, deux causes agissant dans le même sens réclamaient donc une correction du même ordre.

L'expérience n'ayant pas confirmé ces résultats, le nouveau procédé de M. Tabarié ne reçut pas d'application.

Presque à la même époque, feu l'abbé Vidal, professeur de physique, à Toulon, avait reconnu que les proportions de matières qui existent dans les liquides fermentés n'influençaient pas sensiblement le point d'ébullition de ces produits alcooliques.

Partant de ce fait et du même principe que M. Tabarié, il avait construit un instrument dont les températures étaient données sur un cercle gradué par une aiguille disposée, avec son contre-poids, à la manière de celle d'un baromètre à cadran.

Les inconvénients qu'il offrait dans sa marche l'ont fait abandonner.

L'instrument que propose la sœur de l'inventeur pour estimer en six à

huit minutes la richesse alcoolique des vins se compose d'une petite chaudière en cuivre chauffée à l'aide d'une lampe à alcool et portant deux ouvertures, l'une recevant un thermomètre à tige horizontale et l'autre laissant un libre accès à la pression atmosphérique.

La tige de ce thermomètre s'appuie sur une plaque en laiton, le long de laquelle glisse à volonté une règle sur laquelle on a tracé les richesses alcooliques correspondant aux points d'ébullition des différents mélanges d'alcool et d'eau faits directement.

Dans le but de diminuer la longueur de la tige, sans préjudice pour la dimension des graduations, on a ménagé un gonflement superposé au réservoir, afin que le mercure n'arrive dans la tige horizontale que très-près du point où il est utile d'observer sa marche.

L'échelle thermométrique est gravée sur la règle glissante.

Dans une première opération on détermine le zéro à l'aide de l'eau, et la simple lecture des degrés fournis par les liquides à essayer fournit alors directement, en centièmes, la proportion d'alcool absolu qu'ils renferment.

Ici, point de mesure de liquide, soit avant, soit après l'opération ; lecture seulement du degré auquel s'arrête la colonne de mercure, et, pour que la mémoire ne fasse pas défaut, cette colonne continuant à progresser après le temps d'arrêt qui fait connaître la richesse alcoolique, un index mobile sert à consigner ce degré.

Les diverses couches d'une masse liquide élevée à l'ébullition n'offrent pas une température uniforme ; suivant celles dans lesquelles plongerait le réservoir cylindrique ou sphérique d'une faible dimension du thermomètre, la colonne n'indiquerait pas la température moyenne de la masse.

L'alcoomètre de M. Conaty, à tige droite, dont le réservoir sphérique avait un faible diamètre, présentait précisément cet inconvénient.

Pour y obvier, le réservoir cylindrique du thermomètre de mademoiselle Vidal a une longueur légèrement moindre que la hauteur du liquide à essayer.

Six ou huit minutes, au maximum, suffisent pour un essai, et quand, avant de l'exécuter, on a fait une première expérience avec l'eau pour régler le zéro sous la pression du moment, à moins de très-grandes variations dans la pression atmosphérique, on peut opérer sur une variété considérable de produit sans qu'il soit nécessaire de la vérifier à nouveau.

L'expérience a démontré qu'après un certain temps le zéro des thermomètres se déplace ; cette modification arrivant à l'ébullioscope dont nous nous occupons le rendrait-elle impropre à déterminer la richesse alcoolique d'un liquide ? C'est une question qu'il importe de ne pas laisser indécise.

Le zéro de l'instrument étant pris pour le point d'ébullition de l'eau sans

la pression du moment et se trouvant fixé par le glissement de l'échelle graduée au long du tube thermométrique, quelle que soit la contraction ou la dilatation qu'ait éprouvée l'instrument, les rapports entre le degré indiquant le point d'ébullition de l'eau et celui des liquides à essayer resteront les mêmes, et dès lors on n'aura pas à se préoccuper d'une cause d'erreur qui aurait pu exercer une influence nuisible s'il s'agissait d'une graduation fixe.

Quant à la lecture du degré auquel s'arrête la colonne de mercure, elle est facile ; cet arrêt, au moment de l'ébullition, durant environ une vingtaine de secondes, temps parfaitement suffisant pour qu'il ne puisse rester le moindre doute sur le degré obtenu.

N'oublions pas, d'ailleurs, qu'il s'agit ici d'un instrument industriel, et que la condition essentielle pour l'apprécier est de savoir si, entre les mains de ceux à l'usage desquels il est destiné, il satisfait aux conditions qu'il est appelé à remplir.

Des expériences ont été faites à diverses reprises à l'entrepôt des vins par des commerçants intéressés à ne pas se tromper sur la valeur de leurs produits et sur des mélanges de liquides à divers degrés de spirituosité. Les résultats se sont toujours trouvés renfermés dans les limites d'erreur que comporte ce genre d'essai. Le rapporteur les a suivis dans tous leurs détails et a pu s'assurer de leur degré d'exactitude.

Mais le comité ne devait les considérer que comme des renseignements, et c'est dans le local même de la Société et en sa présence que mademoiselle Vidal a été appelée à déterminer la richesse alcoolique de divers liquides.

Le rapporteur a contrôlé tous ces résultats dans son laboratoire.

D'un autre côté, conformément au désir du comité, l'un de ses membres, M. Jacquelain, a expérimenté dans celui de l'École centrale.

Nous donnons dans une note annexe tous les résultats obtenus.

D'après tout ce qui précède, le comité considère l'instrument qui lui a été soumis comme étant de nature à fournir, en un temps très-court, des résultats nombreux, exacts, et d'une détermination facile, s'appliquant plus particulièrement au commerce des vins et pouvant rendre de véritables services aux propriétaires de vignobles, aux commerçants, aux industriels, etc.

Il a l'honneur, en conséquence, de vous proposer :

- 1° De remercier mademoiselle Vidal de sa communication ;
- 2° D'ordonner l'insertion, au *Bulletin*, du présent rapport avec une figure de l'instrument.

Signé GAULTIER DE CLAUDRY, rapporteur.

Approuvé en séance, le 20 mai 1863.

NOTE ANNEXE.

Résultats obtenus par M^{lle} Vidal en présence du comité.

Un liquide renfermant 20 pour 100 d'alcool absolu a fourni à l'ébullioscope 20° faibles.

Saturé de sel marin et son degré à l'alcoomètre de G. L. étant tombé à 0°, il a fourni à l'ébullioscope 20° faibles.

Saturé de sucre et tombé à 0°, il a également donné à l'ébullioscope 20° faibles.

Dans une autre série d'essais, une portion du même liquide à 20 pour 100 a donné :

Directement à l'ébullioscope.	19,75 pour 100.
Saturé de sel et tombé à 0° de l'alcoomètre.	20 faible.
— sucré id.	20 id.

Dans les essais avec le vin contrôlés par la distillation, on a obtenu :

	Ébullioscope.	Procédé de Gay-Lussac.
Vin coupé.	7,25 p. 100.	7,50 p. 100.
— naturel.	8,00	7,75
— viné.	15,50	15,50
— idem plus fortement.	18,25	18,50

Une dernière série a fourni des résultats analogues :

Vin n° 1.	11,50	11,50 p. 100.
0.	11,50	11,50
3.	7,50	7,75
5.	25,00	25,25
6.	11,50	11,50

Résultats obtenus par M. Jacquelain.

Un échantillon de chacun de ces produits a été remis à M. Jacquelain, chargé, par le comité des arts chimiques, d'examiner personnellement l'ébullioscope centésimal de mademoiselle Vidal; voici les séries diverses d'expériences que nous avons entreprises soit pour bien nous approprier l'emploi de cet instrument, soit pour reconnaître l'exactitude du principe sur lequel repose sa construction.

Après avoir vu opérer mademoiselle Vidal, en présence du comité des arts chimiques, nous avons répété seul et dans notre laboratoire les mêmes opérations avec les mêmes échantillons de vin dont nous ignorions, d'ailleurs, la teneur alcoolique.

Les nombres qui suivent coïncident suffisamment pour faire admettre qu'avec la grande habitude d'observer de mademoiselle Vidal nous aurions été conduit à des résultats semblables ; ainsi :

A la Société d'encouragement, les vins :

N° 1 accusant	11,5 d'alcool p. 100	donnent à l'École centrale	11,5. . .	11,75 d'alcool p. 100.
N° cacheté. .	11,5.		11,5. . .	11,75
N° 3.	7,5.		8 . . .	8,5
N° 5.	25.		26 . . .	26,5
N° 6.	11,5.		11,5. . .	11,75

La pratique de l'ébullioscope Vidal étant acquise, nous avons dû essayer soit de l'alcool d'un titre connu et déterminé par l'alcoomètre centésimal de Gay-Lussac, soit un vin nous appartenant et dont nous avons fixé la richesse alcoolique par la méthode de la distillation, suivie de l'observation alcoométrique.

Par exemple :

De l'alcool à 21°,5 alcoomètre G. L. donne 21°,5 — 22° à l'ébullioscope centésimal.

Du vin de table ordinaire donnant 10°,5 par l'alcoomètre après distillation donne encore 10,5 = 11,5 à l'ébullioscope centésimal.

Une différence de 1 degré pour le vin et d'un demi-degré pour l'alcool pouvait s'attribuer soit à notre inexpérience, soit à la graduation propre de l'instrument Vidal que nous avions à notre disposition.

Nous avons donc improvisé un petit appareil en verre qui nous a permis à la fois de voir l'ébullition, de suivre la marche de la colonne mercurielle, et de maintenir constante la composition du liquide spiritueux.

Notre appareil se compose d'un ballon de 280^{cc} de capacité, d'un thermomètre à mercure donnant aisément les dixièmes de degré centigrade, et d'un tube de 12^{mm} de diamètre traversant longitudinalement un autre tube en verre plus large rempli d'eau et faisant fonction de réfrigérant.

L'extrémité inférieure du tube-serpentin est taillée en biseau afin d'éviter la formation d'un index, par suite d'une condensation des vapeurs qui doivent sans cesse retomber dans le ballon ; ces trois pièces constituent indissolublement un véritable ébullioscope.

Avant d'introduire le liquide à essayer on dépose dans le ballon une dizaine de fils de platine longs de quelques centimètres et de 1/4 de millim. de diamètre, afin de rendre l'ébullition des liquides comparable à celle qui s'opère dans les vases métalliques ; on y verse ensuite le liquide spiritueux, on bouche avec un liège dans lequel s'engagent à des hauteurs fixes le réfrigérant et le thermomètre.

On chauffe au gaz ou à la flamme d'alcool.

Il convient d'atteindre le plus promptement possible la température voisine de l'ébullition; alors on ralentit brusquement la source de chaleur, de manière à maintenir, sans la forcer, une ébullition ménagée, c'est-à-dire plutôt faible que forte, ce que l'on réalise très-facilement soit au gaz, soit avec une mèche plate tressée pour lampe à l'alcool, que l'on élève ou abaisse à volonté au moyen d'un petit pignon. Lorsque l'appareil fonctionne dans ces conditions, on peut maintenir le temps d'arrêt du thermomètre pendant trente secondes; en outre, l'appareil, bouché jusqu'après le refroidissement, n'a rien perdu de son poids, et l'alcool a conservé son titre primitif.

C'est en adoptant surtout des dispositions analogues, que l'ébullioscope Vidal pourra fournir des indications précises, constantes et d'une facile observation pour les opérateurs les moins exercés.

Nous n'insistons pas davantage sur la question d'appareil.

Quand notre travail sera terminé, nous donnerons, en le publiant, les détails complets.

Ce qu'il importe actuellement d'établir, c'est la constance et l'exactitude des indications thermométriques de l'appareil que nous venons de décrire; ainsi de l'alcool marquant à 45° C. 40 degrés centésimaux d'après l'alcoomètre Gay-Lussac se maintient en ébullition à $92^{\circ},6$ C.

M. Tabarié avait trouvé $92^{\circ},8$ C.

200 centimètres cubes de ce même alcool tenant en dissolution 28 d'acide tartrique maintiennent son point d'ébullition à $92,6$ C.

Un alcool riche à $47^{\circ},5$ prend et conserve son point d'ébullition à $90^{\circ},2$ — $90^{\circ},4$ C.

200 cent. cubes de cet alcool + 28 grammes d'acide tartrique conservent à 90° C. le point d'ébullition.

Un alcool à 54° alcoomètre Gay-Lussac se maintient en ébullition à $83^{\circ},3$ C.; le même, plus 28 gr. de sucre, entre en ébullition à $83^{\circ},2$ C.

Ces résultats suffisent quant à présent pour établir que l'appareil peut répondre d'une manière satisfaisante aux mêmes besoins, et repose sur le même principe que l'instrument décrit par M. Tabarié avant 1833, consacré par un brevet et des expériences exactes.

Nous présumons donc avec confiance qu'en apportant une légère modification à l'ébullioscope Vidal, et surtout à cause des avantages de son échelle mobile, cet instrument pourra recevoir un accueil justement favorable des distillateurs et des propriétaires de vignobles.

JACQUELAIN.

LÉGENDE DE LA PLANCHE 279 REPRÉSENTANT L'ÉBULLIOSCOPE CENTÉSIMAL
DE MADEMOISELLE BROSSARD-VIDAL.

Fig. 1. Vue de l'appareil tout monté.

Fig. 2, 3, 4 et 5. Diverses parties de l'appareil démonté.

A, petite chaudière en cuivre recevant le liquide à titrer; sa forme est indiquée par la section verticale représentée figure 4.

B, manche en bois se vissant dans une douille placée sur le côté du col de la chaudière.

C, fourneau en cuivre sur lequel se place la chaudière.

D, lampe à alcool qu'on introduit dans le fourneau par une porte latérale [voir la section verticale (fig. 5)].

E, couvercle mobile de la chaudière portant un thermomètre F et un double tube G pouvant s'enlever à volonté.

F, thermomètre dont la panse, enveloppée dans une gaine métallique, descend verticalement jusque vers le fond de la chaudière et dont la tige, se recourbant horizontalement, est maintenue sur une plaque en laiton fixée sur le couvercle E.

G, double tube (fig. 2) se plaçant sur le couvercle E. Le tube enveloppé est ouvert à ses deux extrémités et communique avec l'intérieur de la chaudière, tandis que le tube enveloppant est fermé à sa base et reçoit à sa partie supérieure un couvercle que traverse le petit tube.

H, petite règle en cuivre portant l'échelle des divisions et maintenue sur la plaque du thermomètre, le long de la tige duquel elle peut glisser à volonté.

I, petit curseur mobile glissant sur la tige du thermomètre.

Manière d'opérer. — On remplit d'eau la chaudière jusqu'à la ligne de niveau JK (fig. 4), et on dispose l'appareil comme l'indique la fig. 1; on allume la lampe, et, lorsque l'eau bout, on regarde le tube thermométrique et on fait glisser la règle H de manière à amener le zéro au point où s'est arrêté le mercure; c'est là qu'on arrête en même temps le curseur I.

On vide ensuite l'eau de la chaudière et on la remplace par le liquide à titrer, qu'on verse jusqu'au même niveau JK; on remplit d'eau aux $\frac{2}{3}$ le tube enveloppant G et on fait de nouveau bouillir; le degré de l'échelle où s'arrête alors le mercure indique la richesse alcoolique cherchée.

On remarquera que le tube enveloppant G fait fonction de réfrigérant destiné, au moyen de l'eau qu'il contient, à calmer le bouillonnement du liquide qui s'élève dans le tube intérieur.

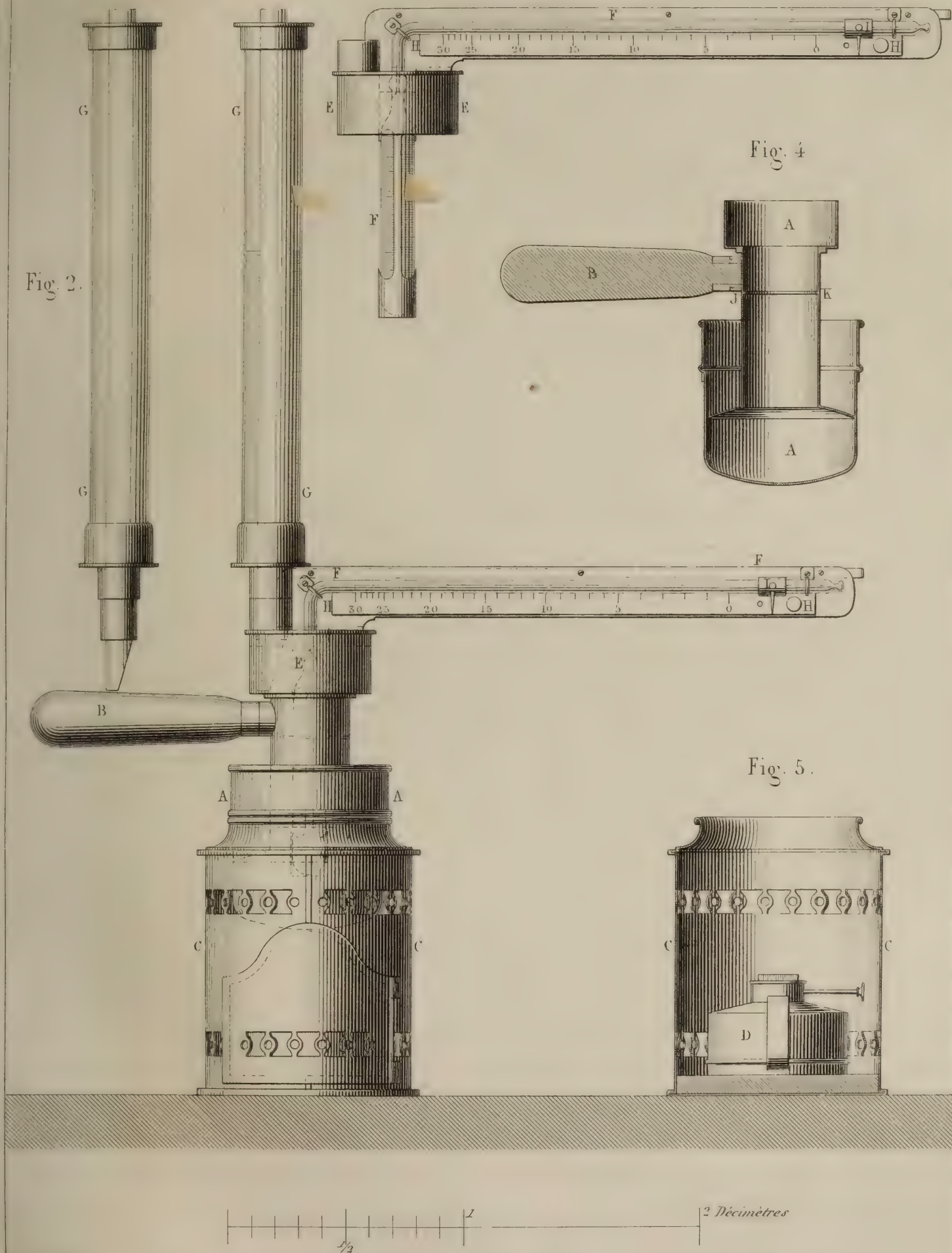
(M.)

Fig. 1.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.



BIBLIOGRAPHIE.

RAPPORT fait par M. BENOÎT, au nom du comité des arts mécaniques, sur les TRAITÉS DES MOTEURS HYDRAULIQUES ET DES MOTEURS A VAPEUR, par M. ARMENGAUD aîné, ingénieur, rue Saint-Sébastien, n° 45, à Paris.

Messieurs, le succès soutenu et mérité de la Publication industrielle de M. Armengaud aîné, à laquelle, sur le rapport de notre collègue M. Laboulaye, vous avez justement accordé vos sympathies, devait nécessairement engager ce laborieux ingénieur à réunir, compléter et développer, comme il l'a fait, dans un ouvrage spécial rédigé dans le même esprit, les notions qu'il avait rassemblées, concernant l'établissement des récepteurs de la force des cours d'eau et de la vapeur.

M. Armengaud, s'étant proposé surtout d'être utile aux praticiens et aux jeunes gens qui se destinent plus spécialement à la construction des machines, avait été conduit à composer le *Traité théorique et pratique des moteurs hydrauliques* (1 volume in-4°, avec 74 figures dans le texte et un atlas de 21 planches) et le *Traité théorique et pratique des moteurs à vapeur* (2 vol. in-4°, avec 193 figures dans le texte et un atlas de 50 planches), dont un exemplaire a été offert à la Société.

L'auteur craignit qu'un éditeur ne voulût pas consacrer à la publication de cet important ouvrage les sommes nécessaires, et, enhardi par ses anciens succès, il eut le courage d'en faire lui-même tous les frais de dessin, de gravure et d'impression, qui ont été très-considérables. Cela ne pouvait être autrement, parce que l'auteur s'est attaché surtout à réunir les renseignements pratiques sur les divers moteurs, et à représenter avec soin et à échelle les systèmes qui ont été trouvés les meilleurs, et qu'il s'est beaucoup préoccupé d'établir les règles et les calculs les plus simples, et de donner souvent des tables et parfois des tracés graphiques qui, en résumant les proportions principales, évitent au mécanicien pratique, une étude, un travail qu'il n'aime pas toujours à faire, et lui facilitent, au besoin, la vérification des résultats de ses calculs.

Dans son *Traité des moteurs hydrauliques*, M. Armengaud s'occupe des roues verticales à aubes et des roues à augets, avec vannes tant en déversoir que chargées; des roues à coursier annulaire de M. Mary; des roues flottantes de M. Colladon, etc.; des divers genres de roues horizontales, soit des turbines centrifuges de MM. Fourneyron, Cadiat, Callon; des turbines en des-

sus d'Euler et de MM. Burdin, Mannoury d'Ectot, Fontaine, Girard, Jonval, Kœchlin, etc.; des turbines rurales de M. Canson; des turbines en dessous et autres genres de roues proposées ou à l'étude. On y trouve les détails de construction des diverses roues en bois, en fer, en fonte, et des roues mixtes; la description des *Régulateurs de vitesse*, et enfin celle du *Frein dynamométrique* et ses applications à la détermination de la puissance des moteurs.

Pour donner une idée exacte de l'importance du *Traité des moteurs à vapeur* de M. Armengaud, il suffit de transcrire ici les titres des chapitres ou indication des sujets qui y sont traités, savoir :

Propriétés physiques de la vapeur d'eau. — Capacité calorifique des corps. — Sources de chaleur. — Propriétés mécaniques de la vapeur.

Aperçu historique de l'invention des machines à vapeur.

Anciens générateurs à vapeur. — Chaudières cylindriques à foyers extérieurs. — Dispositions diverses de générateurs à corps cylindriques et à foyers extérieurs. — Générateurs chauffés par la chaleur perdue des hauts fourneaux et des fours. — Générateurs tubulaires et à foyers intérieurs. — Générateurs à production instantanée. — Foyers fumivores. — Appareils d'observation et de sûreté. — Incrustations des générateurs à vapeur, moyens de les éviter.

Principes généraux de la disposition des moteurs à vapeur. — Mécanismes de distribution. — Appareils d'alimentation des générateurs à vapeur. — Appareils de condensation. — Machines à vapeur verticales à mouvement direct. — Machines à vapeur horizontales. — Machines à balancier à un seul cylindre. — Machines à vapeur à deux cylindres du système de Woolf. — Machines à simple effet. — Machines locomobiles et machines portatives ou demi-fixes. — Machines oscillantes. — Machines rotatives.

Aperçu historique des locomotives et des chemins de fer. — Théorie des fonctions des locomotives. — Machines locomotives de types et d'emplois différents. — Machines-tenders. — Locomotives de montagne.

Aperçu historique de la navigation par la vapeur. — Puissance dépensée pour la propulsion des navires. — Propulsion des navires par les roues à pales. — Propulsion des navires par les hélices. — Construction des machines marines à roues et à hélices. — Appareils évaporatoires de marine.

Machines à vapeur de constructions particulières. — Machines à vapeur dites à *action directe* ou *Outils à vapeur*. — Moteurs fonctionnant par l'expansion de l'air ou des gaz, ou par la vapeur de divers liquides.

Consommation de vapeur et de combustible suivant les différents systèmes. — Proportions générales des cylindres, des orifices et conduits distributeurs.

— Proportions des condenseurs et des pompes à air et alimentaires. — Proportions des volants et des régulateurs de puissance appliqués aux machines à vapeur. — Évaluation expérimentale de la puissance des moteurs à vapeur. — Expériences sur les générateurs à vapeur.

Des dimensions principales des machines locomotives, et des appareils de navigation à hélice et à roue de divers systèmes.

Tel est, Messieurs, le cadre large embrassé par M. Armengaud, et dont toutes les parties sont très-utilement remplies. On sait, par exemple, combien il est important de savoir construire et régler les tiroirs de distribution et de détente de manière à obtenir à la fois la régularité de la marche des machines à vapeur et l'économie désirable du combustible. Aussi les divers mécanismes employés pour cet objet, que l'auteur considère, avec raison, comme la partie la plus délicate de ces machines, y sont-ils étudiés avec un soin tout particulier, à l'aide de figures dessinées à une grande échelle, pour chacun des distributeurs en usage, depuis le tiroir simple jusqu'aux systèmes de détente plus ou moins compliqués, soit en vue d'admettre des détentes très-étendues applicables aux machines à condensation, soit pour les rendre susceptibles de variation à volonté, et pendant la marche même des machines.

Les divers appareils d'alimentation, depuis la pompe foulante jusqu'à l'injecteur continu ou automoteur; les divers appareils de condensation; les machines horizontales qu'il est si facile d'installer solidement, et qui ont la faculté de marcher à une grande vitesse; les locomobiles, qui sont heureusement entrées dans le matériel agricole, dans les ateliers de travaux publics et dans les chantiers de construction; les divers types de locomotives, et spécialement ceux dits à *grande vitesse et à grande puissance* à roues couplées : tout cela a été décrit, expliqué et étudié avec le même soin.

M. Armengaud, dans la section de son ouvrage consacrée aux appareils de navigation à la vapeur, a établi les principes sur la résistance des fluides, la force absorbée par la marche d'un navire et l'évaluation de la puissance des machines appliquées à la navigation. Il a choisi pour sujet d'études l'appareil à roues du yacht impérial *l'Aigle*, de la force nominale de 500 chevaux; l'appareil à hélice de la force nominale de 1,000 chevaux, à connexion directe et à bielle renversée, construit par M. Mazeline pour la marine de l'État, et les machines horizontales de la force de 30 chevaux, exécutées par la maison Nillus pour la marine du commerce.

Enfin la dernière section du *Traité* s'occupe des proportions générales qu'il convient de donner aux machines à vapeur, selon le système particulier que l'on veut adopter, et discute les expériences qui ont été faites sur de bons

générateurs et moteurs existants, pour comparer la dépense de combustible à la puissance développée selon le mode de production et d'emploi de la vapeur. Des tables et des tracés graphiques rendent cette étude facile à comprendre.

Vous voyez, Messieurs, par ce rapport, dont vous excuserez, j'en suis sûr, l'étendue exceptionnelle, que, ainsi que vous le disait notre collègue M. Laboulaye en 1856, M. Armengaud « concourt puissamment à la tâche pour « laquelle la Société d'encouragement est si heureuse de trouver des aides « et des émules, » la diffusion d'une des branches des connaissances techniques si utile à notre industrie. Je ne crains pas de dire que son nouvel ouvrage figurera dignement à côté de la précieuse Publication industrielle dont il a enrichi notre bibliothèque, pour la plus grande utilisation de laquelle je m'associe aux vœux de M. Laboulaye.

J'ai l'honneur de vous proposer, Messieurs, au nom de votre comité des arts mécaniques,

1° De remercier M. Armengaud du don qu'il a fait à la Société de son précieux ouvrage ;

2° De publier le présent rapport dans votre *Bulletin*, afin de signaler les nouveaux *Traités* qui le composent à l'attention des ingénieurs-constructeurs de machines.

Signé BENOÎT, rapporteur.

Approuvé en séance, le 29 juillet 1863.

ARTS ÉCONOMIQUES.

RAPPORT fait par M. DUCHESNE, au nom du comité des arts économiques, sur de NOUVELLES APPLICATIONS DES PROCÉDÉS DE MOULAGE de M. STAHL, rue et île Saint-Louis, 3.

Messieurs, dans le rapport que nous avons eu l'honneur de vous faire, dans la séance du 30 janvier 1861 (1), sur une nouvelle application de moulage de M. Stahl, nous vous avons laissé entrevoir qu'on pourrait faire aussi en caoutchouc le moulage de tous les moignons, et construire alors des appa-

(1) Voir *Bulletin* de 1861, 2^e série, tome VIII, p. 267.

reils artificiels, exactement applicables, qui ne blessaient plus ceux qui sont forcés d'en faire habituellement usage.

Cette idée a fructifié, et M. Stahl est parvenu à modifier avantageusement les anciens appareils dont la forme extérieure pouvait être enjolivée au gré des fabricants, mais qui avaient presque toujours le désavantage de blesser le moignon de l'amputé et d'occasionner des douleurs qui en rendaient l'usage insupportable.

En effet, l'orthopédiste, après avoir pris quelques mesures approximatives, construisait un moule en bois, en métal ou en cuir que l'on garnissait de laine, d'étoupe, de son, etc., et que l'on recouvrait ensuite de peau.

C'est ainsi que l'on établit encore tous les cuissards, béquillons et autres appareils destinés à supporter des membres amputés ou déformés.

Mais il est rare que la circonférence du moignon reçoive ainsi une égale pression, et chaque malade ajoute ordinairement quelque moyen de son invention pour rendre la marche ou la station debout moins pénibles.

M. Stahl a eu l'idée de mouler le moignon, et de faire ensuite un moule en caoutchouc fondu qui s'adapte parfaitement à la surface périphérique du moignon, quelles qu'en soient, d'ailleurs, la forme et l'irrégularité.

Cette sorte de manchon en caoutchouc fondu sert de modèle pour confectionner ensuite le manchon ou cône ordinaire qui sera porté par le blessé.

Le conseil de santé des armées a pensé que ces procédés pourraient recevoir un emploi utile dans plusieurs cas de prothèse, et qu'il y aurait lieu d'en proposer l'adoption dans certaines circonstances qui pourraient se présenter.

M. Stahl soumet aussi à votre examen diverses applications de moulage qui peuvent être variées à l'infini, suivant les difformités qu'il s'agit de guérir ou de rendre plus supportables.

L'exemple que vous avez sous les yeux est le moule d'un pied d'enfant qui ne reposerait que sur le bord externe. Pour lui permettre de s'appliquer par toute la face plantaire de manière à retrouver son aplomb, M. Stahl moule une semelle dont la face supérieure est une empreinte de la face inférieure du pied. En donnant plus d'épaisseur à son côté interne, en variant graduellement l'épaisseur de la semelle, soit au côté externe, soit au côté interne, soit en avant ou en arrière, on pourrait arriver insensiblement et sans douleur à modifier les attitudes vicieuses du pied.

En prenant ainsi l'empreinte du pied, on pourrait encore soustraire à la pression quelques points malades ou saillants de la surface plantaire.

M. Stahl, placé au milieu des laboratoires du muséum, a trouvé encore à

faire une application nouvelle de ses procédés de moulage à l'empaillage des animaux.

Voyons d'abord comment on a procédé jusqu'à ce jour.

La peau de l'animal mise à part, on figure les muscles sur la charpente osseuse avec de la filasse, de la terre glaise, du liège, etc.; ce travail, naturellement long, devient, non pas parfait, du moins satisfaisant pour certains animaux, lorsqu'il est exécuté par un empailleur habile. Mais il n'en est pas ainsi lorsqu'il s'agit d'un animal rare que l'on tient à empailler, et dont on veut aussi conserver le squelette.

On moule alors en plâtre diverses parties de l'animal écorché, principalement la tête, et ce moulage sert alors de modèle pour sculpter des exemplaires en bois ou plus souvent en liège. Cette exécution ne pouvait devenir parfaite que par une mise au point, travail exigeant beaucoup de temps et dépassant souvent le savoir-faire d'un empailleur. On a fait de nombreuses recherches pour arriver à ces reproductions par le moulage avec une matière ne présentant pas d'inconvénients.

On a employé le plâtre bien sec et passé à l'huile; mais le poids était un obstacle, et d'ailleurs le plâtre, par ses qualités hygrométriques, amenait, au bout d'un certain temps, la pourriture des peaux.

On a proposé le papier mâché, le carton-pâte, le cuir bouilli, etc.; mais ces matières subissaient un retrait inégal, se gondolaient, et ne pouvaient pas supporter le clouage dont l'empailleur doit se servir pour fixer les peaux dans les cavités et dans les plis.

M. Stahl a trouvé une composition, que nous vous ferons connaître tout à l'heure, avec laquelle il a modelé 1° une tête de lion dans un moule à bon creux pris sur la peau, afin de démontrer jusqu'à quel point il reproduit ainsi les détails; 2° une tête et une patte d'orang-outang conservées par des moulages sur l'animal écorché; 3° un œuf dans son bon creux. Ce dernier exemple n'est mis sous vos yeux que pour vous démontrer que cette matière ne subit ni gonflement ni retrait, bien que cette pièce ait séjourné soixante-douze heures dans l'eau.

Une fois la matière trouvée, M. Stahl eut encore un sérieux obstacle à vaincre pour pouvoir l'appliquer dans le moule.

La matière glissait au fond du moule, si on huilait les parois; la vapeur, donnait un mauvais résultat, et, si on coulait la matière à sec, alors le moule et l'épreuve étaient tellement adhérents, qu'on eût tout brisé plutôt que de les séparer.

M. Stahl eut alors l'idée d'appliquer une feuille d'étain sur les parois intérieures du moule, et la réussite fut complète.

Voici la composition de la matière employée :

Colophane,

Cire jaune,

Térébenthine en petite quantité.

Ajoutez de la sciure de bois bien sèche pour donner de la consistance.

On applique cette matière toute bouillante, avec une espèce de lavette, dans le creux du moule garni de la feuille d'étain. A mesure que la composition refroidit, on l'étend avec une spatule, afin de donner partout l'épaisseur nécessaire et, par conséquent, la force exigée par les dimensions de la pièce à reproduire.

Cette composition est légère et très-solide; elle permet, en outre, à l'empailleur d'y fixer les clous nécessaires à son travail.

Vous voyez, Messieurs, par cette courte description des procédés de moulage de M. Stahl. que cet artiste trouve à en faire, chaque jour, des applications nouvelles.

Dans la première partie de ce rapport, vous avez pu voir combien ces procédés pouvaient rendre de services dans les cas variés de difformités soit naturelles, soit accidentelles; mais surtout chez les amputés privés, en totalité ou en partie, de leur membre inférieur à la suite de maladies ou de blessures graves.

Dans la deuxième partie de ce rapport, nous vous avons fait comprendre les avantages que peuvent en retirer les empailleurs et tous ceux qui forment des collections d'animaux pour les musées d'histoire naturelle.

Votre comité des arts économiques croit donc 1° devoir recommander à votre attention les nouvelles applications de moulage de M. Stahl;

2° Vous proposer de lui adresser des remerciements pour son intéressante communication;

3° D'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

Signé DUCHESNE, rapporteur.

Approuvé en séance, le 29 juillet 1863.

ARTS CHIMIQUES.

RAPPORT SUR LES PROCÉDÉS D'EXTRACTION DU SUCRE COLONIAL ET INDIGÈNE, COMMUNIQUÉS A L'ACADÉMIE DES SCIENCES PAR M. ALVARO REYNOSO ET MM. PÉRIER ET POSSOZ, PAR M. PAYEN.

« Les procédés d'extraction du sucre, que l'Académie nous a chargés d'examiner, se fondent, d'une part, sur l'emploi des sulfites, et d'un autre côté sur l'application de la chaux, alternant son action avec celle de l'acide carbonique, parfois avec le concours d'acides plus puissants.

« Il semble, au premier abord, que rien de nouveau ne saurait distinguer les unes des autres ces applications de la science à l'industrie.

« Chacun sait, en effet, que depuis très-longtemps l'acide sulfureux en usage pour suspendre la fermentation des vins fut, plus tard, employé en vue de muter (rendre muet ou non fermentescible) le jus sucré du raisin dont on se proposait d'obtenir du sirop; qu'en 1810 Proust, membre de l'Académie des sciences, appliquait dans les mêmes intentions le sulfite de chaux, et déterminait les doses convenables pour obtenir une décoloration momentanée; que même, prévoyant dès lors l'extension plus grande de ce moyen, il s'exprimait ainsi : « On pourra un jour, avec quelques gros de sulfite, mettre le moût de la canne, de l'érable, du palmier à l'abri de ces fermentations brusques qu'ils subissent lorsqu'on tarde de les porter à la chaudière (1). »

« Que, plusieurs années après, Edouard Stollé essayait en grand l'application de l'acide sulfureux avec le concours de la chaux au traitement du jus des betteraves.

« Qu'en 1849 M. Melsens, dont les expériences avaient attiré à cette époque l'attention publique, proposait d'ajouter au jus de betteraves 3/100 de bisulfite de chaux, à 10 degrés Baumé, ou 1/100 dans le jus des cannes, de déféquer, puis de filtrer, évaporer et neutraliser au besoin par la chaux.

« Relativement à l'application de la chaux et de l'acide carbonique, en vue d'épurer le jus des betteraves, nous pourrions rappeler les moyens décrits par plusieurs chimistes-manufacturiers, notamment la méthode fondée par MM. Rousseau frères, qui fut l'objet d'un Rapport favorable à l'Académie des sciences, et n'a cessé depuis lors d'être employée avec succès dans un grand nombre de sucreries indigènes en France, en Allemagne et en Russie.

« On aurait pu croire qu'en ce qui touche l'acide sulfureux et les sulfites, la chaux et l'acide carbonique, appliqués à l'épuration des jus sucrés, soit de la canne, soit de la betterave, la science avait dit son dernier mot, que l'industrie avait tout essayé. Il restait cependant, des deux parts, d'importants progrès à réaliser par des méthodes nouvelles; et l'on pourra voir que la science, à cet égard, n'aurait encore rien de trop délicat pour éclairer ou même pour suivre la marche des opérations manufacturières.

(1) *Bulletin de pharmacie*, t. III, p. 134, et *Dictionnaire des Découvertes*, t. XIV, p. 381 à 383.

« M. Alvaro Reynoso adressait à l'Académie, le 6 janvier 1863, une Note *sur l'emploi du bisulfite de chaux dans la fabrication du sucre de canne*. Cette note était extraite du *Diario de la Marina*, publié à la Havane le 7 mars 1859. L'auteur signalait l'emploi du bisulfite de chaux dans l'industrie saccharine comme très-nuisible ou susceptible, du moins, d'occasionner des inconvénients notables qu'un excès de chaux eût évités : les réactions nuisibles consistent, suivant l'auteur, en ce que le bisulfite, soit directement, soit par sa transformation en sulfate plus acide sulfurique, est capable d'intervertir le sucre et de produire, pendant l'ébullition, des composés ulmiques ; en un mot, de rendre une partie du sucre incristallisable et de déprécier le reste par une coloration brune plus intense. M. Reynoso conclut en disant que, dans le cas où le bisulfite de chaux peut être utile, ce composé doit toujours être accompagné, non-seulement de la quantité de chaux suffisante pour saturer tout l'acide sulfureux, mais qu'en outre on doit employer un excès de chaux et s'en assurer, soit au moyen du papier de tournesol, soit par l'insufflation de l'air des poumons, qui, chargé naturellement d'acide carbonique, doit produire sur le liquide une pellicule de carbonate calcaire. L'auteur annonce qu'en opérant de cette manière il a obtenu les meilleurs résultats dans des essais en grand sur les habitations dites *la Armonia*, *la Conception*, *San-Domingo* et *San-José*, quatre sucreries appartenant à M. de Aldama.

« Par une lettre adressée à M. Dumas et insérée aux *Comptes rendus* le 6 octobre 1862, M. Reynoso avait annoncé que, dans les conditions précitées et suivant ses conseils, le sulfite de chaux était employé sur une grande échelle dans l'île de Cuba.

« L'Académie apprendra, sans doute, avec intérêt, la suite de ces observations et des applications en grand du bisulfite de chaux, surtout si la description est accompagnée de quelques détails sur les appareils évaporatoires, les moyens employés pour prévenir ou enlever les incrustations calcaires, enfin sur les proportions et les caractères des sucres obtenus.

« En résumé, sauf les inconvénients qui peuvent résulter des incrustations, lorsqu'il s'agit d'effectuer la concentration des jus dans les appareils clos, et plus encore dans les chaudières tubulaires, M. Reynoso nous semble avoir indiqué des conditions favorables à l'emploi du bisulfite de chaux dans les sucreries coloniales.

« De leur côté, MM. Périer et Possoz ont été conduits, par de nombreuses et persévérantes recherches sur des cannes à sucre importées d'Espagne et des colonies, à une méthode distincte, caractérisée par l'emploi du sulfite neutre de soude, en vue d'éviter toute chance d'incrustation, soit dans les chaudières ouvertes, soit dans les appareils tubulaires clos, évaporant sous une pression amoindrie des 0,5 aux 0,9 de la pression atmosphérique ordinaire.

« Les bons résultats qu'ils avaient obtenus dans leurs essais de laboratoire s'étant reproduits en grand aux colonies, MM. Périer et Possoz, en communiquant à l'Académie leurs procédés, invitaient les commissaires à suivre quelques opérations expérimentales, afin de vérifier leurs assertions.

« Ils désiraient, en outre, nous rendre témoins d'essais comparatifs sur le jus des betteraves traité par une méthode récemment perfectionnée. Ce qui caractérise leur

système dans ce dernier cas, c'est non-seulement l'emploi fractionné de l'hydrate de chaux avec élimination partielle par l'acide carbonique après la deuxième addition, puis élimination totale après la dernière addition de chaux; mais c'est aussi une épuration plus avancée à l'aide de la saturation partielle des carbonates alcalins dissous, et tout en réduisant des 0,75 la quantité du noir animal.

« Voici un compte rendu succinct des expériences faites en notre présence le 19 février dernier.

« On pèse 7 kilogrammes de betteraves blanches (un peu altérées), variétés à *collets verts* et *roses*. Elles fournissent, par le râpage et la pression, 5,250 grammes de jus ayant une densité de 1,040. Ce jus chauffé à $+ 70$ degrés est déféqué avec 0,006 de chaux, en chauffant jusqu'à la première apparence d'ébullition; le liquide alors filtré est limpide, mais offre une teinte brune orangée rougeâtre.

« Comme point de départ et pour se ménager un terme de comparaison, 1,500 grammes de ce jus sont traités par 0,001 de chaux, puis par l'acide carbonique en excès; on chauffe à l'ébullition et l'on filtre. 1,000 grammes du liquide clair sont évaporés jusqu'à ce que la température d'ébullition s'élève à $+ 115$ degrés: le sirop ainsi obtenu est brun, trouble et visqueux; on le verse dans une verre conique en y ajoutant 1 gramme de menus cristaux de sucre, afin d'établir des centres d'attraction cristalline (1). »

Épuration du jus des betteraves par triple addition de chaux et double injection d'acide carbonique. (Procédé de MM. Périer et Possoz.)

« 2,500 grammes du même jus, pris après la défécation des 5,250 grammes, reçoivent 0,0015 de chaux par petites doses, au fur et à mesure que la saturation par l'acide carbonique s'accomplit, en laissant à la fin dominer un excès de chaux représentant 0,003. On s'en assure en mélangeant 3 centimètres cubes d'une solution titrée de protochlorure de fer avec 1 volume du jus, mélange qui produit, en effet, une tache verte lorsqu'une goutte du liquide surnageant est mise en contact avec une goutte d'une solution faible de prussiate rouge de potasse. On filtre alors tout le jus, puis on y ajoute par petites doses 0,004 de chaux en injectant en même temps 1 volume suffisant d'acide carbonique, pour que cet acide s'y trouve en excès; ce qu'on reconnaît sans peine au moment où l'eau de chaux précipite une petite quantité du liquide filtré. On porte alors le jus ainsi traité à l'ébullition, soutenue quelques instants afin d'éliminer l'excès d'acide carbonique; on filtre alors et l'on constate que le li-

(1) En opérant sur 400 grammes du jus *carbonaté* filtré, on a reconnu qu'il contenait par litre l'équivalent de 0^{sr},8 de chaux, non précipitable dans ces circonstances par l'acide carbonique, retenue par des matières organiques étrangères au sucre et colorées. On verra, par les expériences suivantes, faites sur une autre partie du même jus déféqué, que ces composés peuvent être précipités presque complètement par des additions en doses suffisantes de chaux et d'acide carbonique.

quide clair ne renferme plus de quantités appréciables de chaux, car il ne se trouble pas immédiatement par l'oxalate d'ammoniaque.

« Ce jus sucré limpide, exempt de chaux et mieux épuré de substances organiques étrangères que par les autres moyens usuels, fut traité comparativement de deux manières : 1,000 grammes évaporés rapidement, jusqu'à ce que la température de l'ébullition s'élevât à $+ 115$ degrés, donnèrent un sirop fluide beaucoup moins coloré que celui de la première opération ; on le versa dans un verre en y ajoutant 1 gramme de sucre pour *amorcer* la cristallisation.

« L'autre quantité de 1,000 grammes de jus limpide fut neutralisée aux 0,8 par une solution aqueuse à 0,03 d'acide sulfureux, dont on a employé 15 centimètres cubes pour transformer en sulfites la plus grande partie des carbonates alcalins (de potasse, de soude et d'ammoniaque). L'évaporation rapide, jusqu'au terme de cuite (ou correspondant à la température de 115 degrés), donna un sirop plus fluide encore et moins coloré que le sirop de l'opération précédente ; il fut de même versé dans un verre avec 1 gramme de sucre pour rendre plus facile la cristallisation.

« Les trois masses cristallines produites par ces trois opérations offrirent des caractères en rapport avec ceux de chacun des sirops, car elles étaient graduellement plus abondantes et moins colorées.

« On peut déduire de ces trois expériences des conclusions précises, en parfaite concordance avec les faits nombreux constatés dans les applications en grand :

« Le produit de la première opération correspondante au traitement des jus par la défécation ordinaire qui enlève les matières azotées et pectiques coagulables par la chaux, et à une épuration incomplète par une dose insuffisante de chaux et une seule saturation à l'aide de l'acide carbonique, contenait encore une forte proportion de substances organiques étrangères colorées et colorables, unies sans doute aux 0,0008 de chaux non précipitable par l'acide carbonique dans ces conditions.

« Dans la deuxième opération, les effets utiles de deux additions de chaux, précipitée par l'acide carbonique, partiellement d'abord, puis totalement ensuite, ont été rendus évidents par l'élimination plus complète des matières étrangères colorées et de la chaux, dont les réactifs, effectivement, n'accusaient plus la présence.

« Si l'on considère que, sous l'influence d'un léger excès de chaux, le précipité de carbonate entraîne avec lui ces matières en se colorant lui-même, graduellement moins, à mesure que l'opération s'avance, on sera porté à reconnaître, avec M. Chevreul, que le carbonate de chaux, à l'état naissant au sein du liquide, fixe par voie d'attraction capillaire ces matières organiques en formant une sorte de laque ; qu'en outre l'alcalinité de l'eau favorise la fixation de l'oxygène atmosphérique sur certaines substances organiques, et par conséquent leur altération, qu'enfin les additions successives de chaux et d'acide carbonique peuvent en partie prévenir cette altération spéciale.

« Les mêmes phénomènes et de semblables résultats se sont d'ailleurs reproduits dans une seconde série d'expériences faites en présence de M. Chevreul.

« Il est tout simple d'admettre que le liquide sucré étant débarrassé des matières étrangères, la dernière addition de chaux soit entièrement précipitée, avec ce qui reste

de chaux dans le liquide, par l'excès d'acide carbonique qui ne rencontre plus alors les mêmes obstacles à son action.

« Dans la troisième opération on avait poussé plus loin les réactions favorables en saturant par l'acide sulfureux (après élimination complète de la chaux) les 0,8 des carbonates alcalins, en vue d'éviter les effets ordinaires des réactions alcalines qui produisent des colorations brunes en présence des traces de glucose et de plusieurs substances organiques facilement altérables.

« Dans la pratique en grand on parvient très-aisément aujourd'hui à saturer les 0,8 des carbonates alcalins; il suffit, pour cela, de saturer complètement, par exemple, 8 hectolitres de jus sur 10, puis d'y mélanger ensuite les 2 hectolitres mis en réserve.

« Par l'effet même de décoloration qu'ils produisent, les sulfites alcalins se changent en sulfates; mais il pourrait rester des sulfites non transformés qui communiqueraient aux sucres un goût désagréable : les inventeurs évitent cet inconvénient en effectuant la saturation avec un mélange d'acide sulfurique et d'acide sulfureux; la proportion des sulfites produits se trouve par là réduite d'autant, et l'inconvénient disparaît.

« Le mode de saturation précité constituerait peut-être un procédé nouveau si, conformément à une description donnée par MM. Périer et Possoz, on l'appliquait au jus de betteraves filtré, après une seule saturation de la chaux par l'acide carbonique en excès. Dans ce cas, les opérations se trouveraient simplifiées, et les ustensiles nécessaires moins nombreux. Il pourrait être intéressant de comparer ce procédé avec ceux dont nous avons vérifié expérimentalement les résultats.

« En tout cas, après l'épuration et la saturation des jus, il ne reste qu'à les évaporer dans les appareils tubulaires à triple effet, où aucune incrustation calcaire n'est plus à craindre. Lorsque la concentration arrive à 25 ou à 26 degrés Baumé, on filtre sur le noir animal, dont la dose est réduite des trois quarts; enfin on termine l'opération au degré de cuite dans une chaudière close, où la pression atmosphérique peut être réduite à volonté au dixième de la pression normale. Les perfectionnements introduits dans les procédés de MM. Périer et Possoz, signalés par leurs diverses communications, depuis l'époque où un premier rapport fut présenté à l'Académie, ne sont plus à l'état d'essai; ils sont adoptés dans cinquante usines en France. On pourra juger des résultats qu'ils produisent régulièrement, en examinant l'échantillon, déposé sur le bureau, des sucres cristallisés partiellement durant la dernière évaporation, puis égouttés, claircés aux sirops, et finalement à l'aide de la vapeur globulaire dans les centrifuges Seyrig. Ce sucre ne le cède en rien, pour la blancheur et la pureté, aux sucres indigènes et exotiques directement obtenus, jusqu'ici, à l'aide d'une double filtration sur une quantité quadruple de charbon d'os.

« La seconde série d'expériences effectuées devant la commission est relative au traitement du jus des cannes à sucre. 4,500 grammes de cannes d'Otaïti, variété à superficie verdâtre venant de Cuba, pressées deux fois dans un laminoir, ont donné

3,270 grammes de jus ayant une densité de 1,078 (18°,5 Baumé) à + 15 degrés centésimaux.

« Dans 1,000 grammes de ce vesou froid on ajouta 2 grammes de chaux, l'acide carbonique y fut insufflé jusqu'à disparition de la nuance jaunâtre; on fit bouillir, puis filtrer; le liquide clair reçut un courant d'acide carbonique, et, par petites portions, 3 grammes de chaux (préalablement hydratée, comme dans toutes les expériences, par dix fois son poids d'eau chaude); lorsque l'excès d'acide carbonique fut sensible à l'eau de chaux, on fit bouillir pour chasser cet excès d'acide et l'on filtra. La chaux ayant été ainsi éliminée, on décomposa presque complètement les carbonates alcalins par une addition d'acide sulfureux : 12 centimètres cubes d'une solution à 0,03 suffirent.

« On fit alors évaporer jusqu'au degré de cuite, c'est-à-dire jusqu'à élévation à + 115 degrés de la température d'ébullition; le sirop étant versé dans un verre, on *amorça* la cristallisation avec 1 gramme de sucre; la cuite s'était opérée très-facilement, à feu nu (par la flamme du gaz). Le liquide sirupeux était limpide et très-peu coloré, il a produit une masse cristalline régulière de très-belle apparence.

« Ce procédé, comme on le voit, élimine toute la chaux; il s'applique, en effet, dans les sucreries où l'évaporation s'effectue par le vide à l'aide d'appareils clos qui doivent être mis à l'abri des incrustations.

« MM. Périer et Possoz ont simplifié cette méthode en supprimant la défécation par la chaux et les inconvénients que présente cette substance rarement assez pure aux colonies. Ils sont parvenus à ce résultat en complétant leur procédé au sulfite neutre de soude par une sorte de clarification faite avant l'évaporation, comme nous le dirons plus loin.

« Leur procédé primitif au sulfite de soude, destiné aux habitations coloniales dans lesquelles l'évaporation a lieu à l'air libre, se réalise dans les conditions de l'expérience suivante faite devant nous : 1 kilogramme du même vesou reçut à froid 4 décigrammes de sulfite neutre anhydre; on fit évaporer à l'ébullition, en ayant le soin d'enlever les écumes au fur et à mesure de leur formation; il ne se produisit plus d'écumes vers 18 à 20 degrés Baumé. Le jus, devenu limpide, conserva ce caractère jusqu'au degré de cuite; on obtint un sirop jaunâtre d'une nuance claire, légèrement plus foncée que celle du précédent. Versé dans un verre, *amorcé* avec 1 gramme de sucre et maintenu comme les autres à l'étuve, il s'est pris graduellement en une masse cristalline régulière, d'apparence un peu moins belle que dans la précédente opération.

« Le principal avantage de ce procédé aux colonies, où il est déjà très-répandu, est d'être aisément applicable dans les sucreries dépourvues d'appareils évaporatoires par le *vide*.

« Quant aux grandes usines où l'on opère en vases clos, l'écumage n'étant pas possible, il fallait clarifier le jus avant de le soumettre à l'évaporation. Voici de quelle façon le but a pu être atteint. Ce fut en ajoutant aux sulfites des substances susceptibles de former promptement dans le jus, avec les matières organiques étrangères au sucre, des composés insolubles. Ce résultat a été économiquement obtenu surtout à l'aide

d'une argile calcaire commune (formée de silicate d'alumine 68, carbonate de chaux 30, magnésie, oxyde de fer, sable 2). 1 à 4 de cette argile pour 2 de sulfite neutre de soude suffisent dans 5,000 litres de jus pour effectuer en quelques instants d'ébullition une clarification complète, qui permet de pousser la concentration dans les appareils jusqu'au terme de cuite sans écumage et sans qu'on ait à redouter des incrustations calcaires.

« Après avoir constaté les résultats favorables obtenus dans les sucreries indigènes à l'aide des procédés décrits et graduellement perfectionnés par MM. Périer et Possoz; après avoir vérifié dans des expériences de laboratoire l'exactitude des faits qu'ils avaient annoncés relativement aux méthodes d'épuration des jus de la betterave et de la canne à sucre, nous avons l'honneur de proposer à l'Académie d'accorder son approbation à la direction scientifique et pratique qu'ils poursuivent avec de persévérants efforts. » (*Comptes rendus de l'Académie des sciences.*)

FOYERS FUMIVORES.

SUR LE FOYER FUMIVORE DE M. TENBRINCK, EMPLOYÉ SUR LE CHEMIN DE FER DE L'EST, ET SUR LES MODIFICATIONS APPORTÉES PAR M. BONNET A CET APPAREIL (pl. 280); PAR M. BAUDE,

Membre du comité des arts mécaniques (1).

Messieurs, vous savez combien de tentatives ont été faites pour brûler ou supprimer la fumée sur les locomotives des chemins de fer. Un article du cahier des charges, qui régit chacune de ces entreprises, porte que les *machines devront consumer leur fumée*. Pour satisfaire, autant que possible, à cette prescription, au lieu de houille, on emploie du coke.

Lorsqu'il a été reconnu que la houille n'encrassait point les tubes qui traversent la chaudière, que les gaz produits par la combustion n'attaquaient pas les métaux avec lesquels ils étaient en contact, on a fait de timides essais de houille sur les machines des trains à marchandises : on y a été conduit et par l'économie qui résultait de la substitution de la houille au coke et par la difficulté, souvent très-réelle, de se procurer de bon coke, avec des moyens restreints, pour une bonne fabrication.

Ces deux raisons avaient plus d'importance que partout ailleurs sur les chemins de fer de l'Est, qui sont alimentés par les houilles de Prusse ou de Sarrebruck. Depuis deux ans, on expérimente sur ces chemins un appareil fumivore de M. Tenbrinck, ingénieur des ateliers d'Épernay, et, si nous vous en

(1) Communication faite dans la séance du 25 février 1863.

parlons si tard, Messieurs, c'est qu'il nous a semblé que l'année qui vient de s'écouler a seule sanctionné les résultats importants qu'on en attendait. Le foyer fumivore de M. Tenbrinck s'applique facilement à toutes les locomotives; vous allez en juger par sa description.

L'appareil consiste en un diaphragme ou bouilleur placé dans le foyer et qui a pour objet de rabattre la fumée de la houille fraîche qu'on y introduit, de lui fermer l'accès direct des tubes, et de lui donner le temps de se brûler par le gaz oxygène de l'air avec lequel elle est obligée de se mélanger.

L'obstacle rabatteur de la fumée communique avec la chaudière; il ne se brûle pas, puisqu'il est transformé en véritable bouilleur.

La grille du foyer est divisée en deux parties : la première, inclinée à peu près parallèlement au bouilleur, fait suite à une trémie d'introduction de la houille qu'on aperçoit au-dessus de la plate-forme du mécanicien. Les barreaux de la deuxième partie, moins inclinés, peuvent s'abaisser de manière à permettre de nettoyer le foyer ou de jeter le feu.

Au-dessus de la porte d'introduction de la houille se trouve une ouverture de grandeur variable par l'inclinaison de la palette qui la ferme, de manière à introduire de l'air frais dans le foyer au-dessus de la houille en combustion. C'est au mécanicien qu'appartient, en marche, le soin de régler ou de manœuvrer la palette; mais il est facilement dirigé par la production de la fumée. Si la palette est trop ouverte, il y a trop d'air froid, et le carbone très-divisé de la fumée ne peut brûler; si on n'ouvre pas assez, l'oxygène manque pour la combustion de la fumée, et elle se produit au sortir de la cheminée.

L'appareil de M. Tenbrinck a un autre avantage, c'est qu'il diminue la consommation de la houille. Il ne faut pas attribuer ce résultat à la suppression de la fumée qui n'enlève, à l'effet utile développé par un combustible, que des quantités insignifiantes de calorique, mais au bouilleur qui, placé dans des conditions particulières et nouvelles pour faire disparaître la fumée, augmente la surface de chauffe directe au foyer.

L'installation de l'appareil Tenbrinck sur une machine revient à 2,000 fr. Ces additions se font, au chemin de fer de l'Est, lorsqu'une machine rentre à l'atelier pour des réparations de quelque importance.

Dans l'opinion de l'inventeur, la consommation de la fumée devait être due à deux causes; en premier lieu, à la disposition du bouilleur rabattant la fumée et la forçant à un mélange intime avec l'air dans une sorte de tourbillon d'une durée appréciable sous le diaphragme; en second lieu, au mode de chargement de la houille, qui, se répandant en couches minces sur la grille, s'échauffait peu à peu et subissait une distillation. On va voir que l'organe le plus important est, en effet, le bouilleur.

M. Bonnet, chef de bureau des études du matériel des chemins de fer de l'Est, s'était préoccupé du temps qu'il faut employer et des difficultés à surmonter dans l'installation de l'appareil de M. Tenbrinck aux machines qui rentrent à l'atelier. Il faut, en effet, pour placer la trémie, déchirer une partie de la double enveloppe à l'arrière du foyer. C'est un travail de chaudronnerie long et dispendieux.

On a tenté alors de supprimer la trémie, et de charger le haut de la grille à la pelle, par couches très-minces de combustible. M. Bonnet a introduit l'air par un clapet placé sous la grille, séparée, d'ailleurs, de la paroi du foyer par une petite cloison.

Les résultats obtenus ont été décisifs, c'est-à-dire que la fumée a été complètement brûlée. Lorsque le mécanicien a acquis une certaine habitude de charger le feu, le voyageur le plus méticuleux n'aperçoit pas la plus légère trace de fumée, même pendant cette opération. La dépense moyenne pour l'application de l'appareil de M. Bonnet à une machine est d'environ 4,500 fr.

Il faut dire, toutefois, que la marche d'une locomotive munie d'un appareil de M. Tenbrinck exige moins d'attention de la part des hommes qui la conduisent en ce qui concerne la charge du foyer. C'est un avantage, et il a décidé l'application de la trémie aux machines neuves.

La planche 280 représente les appareils que nous venons de décrire.

Fig. 1. Section longitudinale partielle du foyer Tenbrinck.

Fig. 2. Vue d'arrière.

Fig. 3. Section longitudinale partielle du foyer Tenbrinck, modifié par M. Bonnet.

Fig. 4. Section transversale partielle, faite suivant la ligne brisée XYZ de la figure 3.

A est la trémie d'introduction de la houille dans l'appareil de M. Tenbrinck.

B est la grille fixe inclinée à environ 35°.

C est la grille mobile au moyen de la manivelle E.

D est le bouilleur communiquant avec la chaudière par les tubes F.

G ferme l'issue entre la partie inférieure et la plaque tubulaire; c'est de la brique réfractaire.

H, dans l'appareil modifié par M. Bonnet, est la cloison qui sépare la grille fixe de la paroi du foyer.

I est le clapet placé sous la grille, par lequel se fait l'introduction de l'air et qu'on manœuvre au moyen du levier à manivelle J.

Consommation. Voici, pour l'année 1862, la comparaison des consommations entre les machines fumivores et les autres machines de même type faisant le même service.

Fig. 3.

Fig. 4.

Système Tenbrinck, modifié par M. Bonnet.

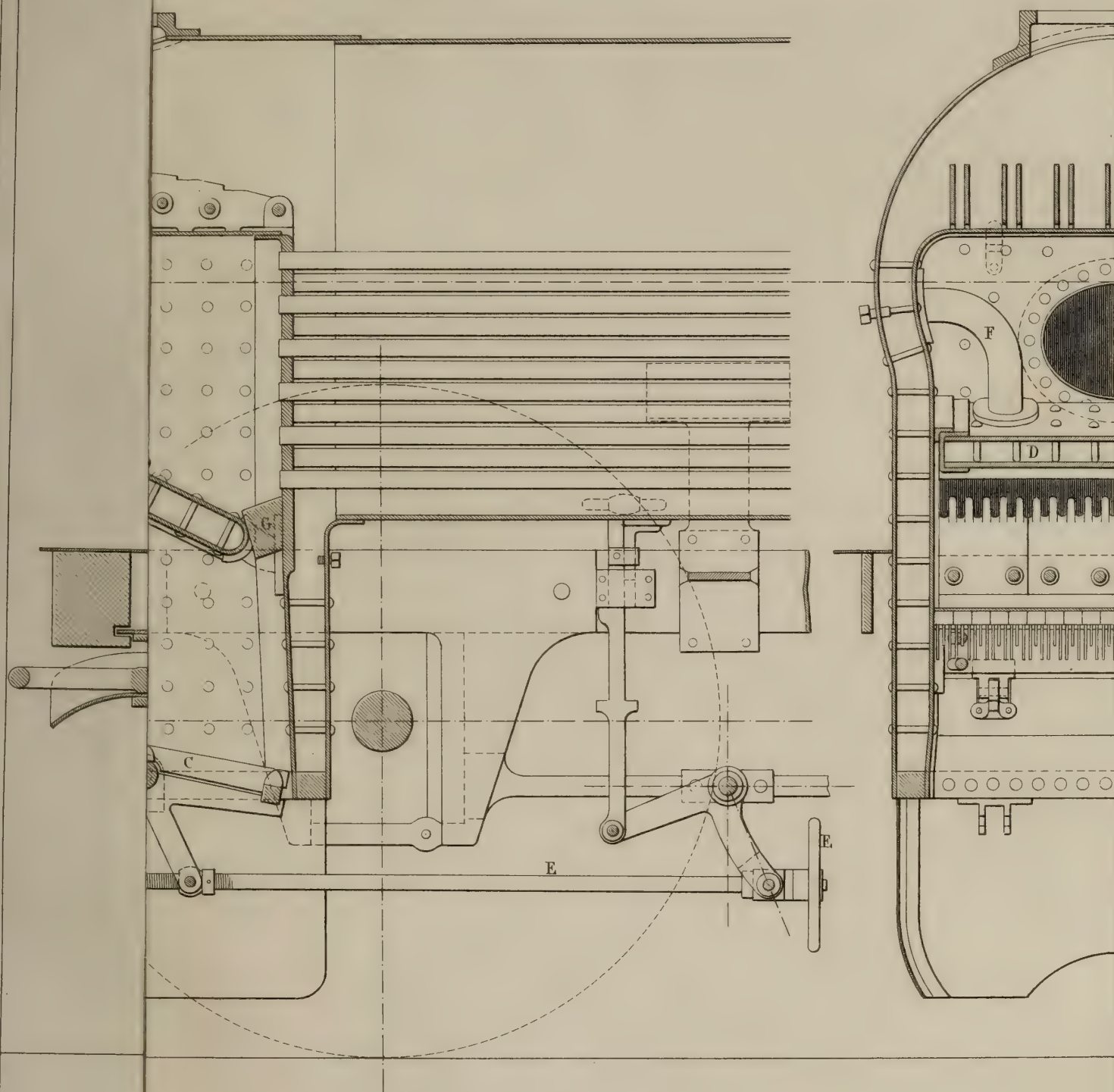


Fig. 1

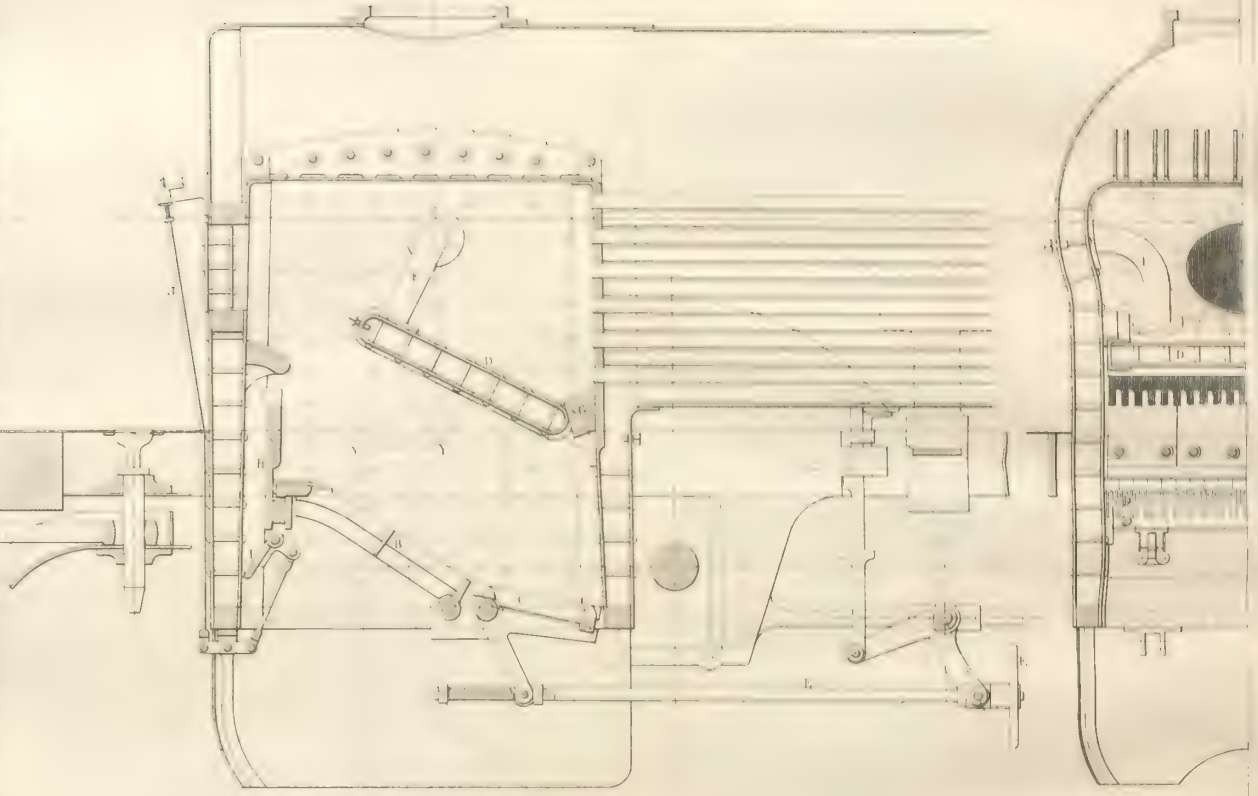
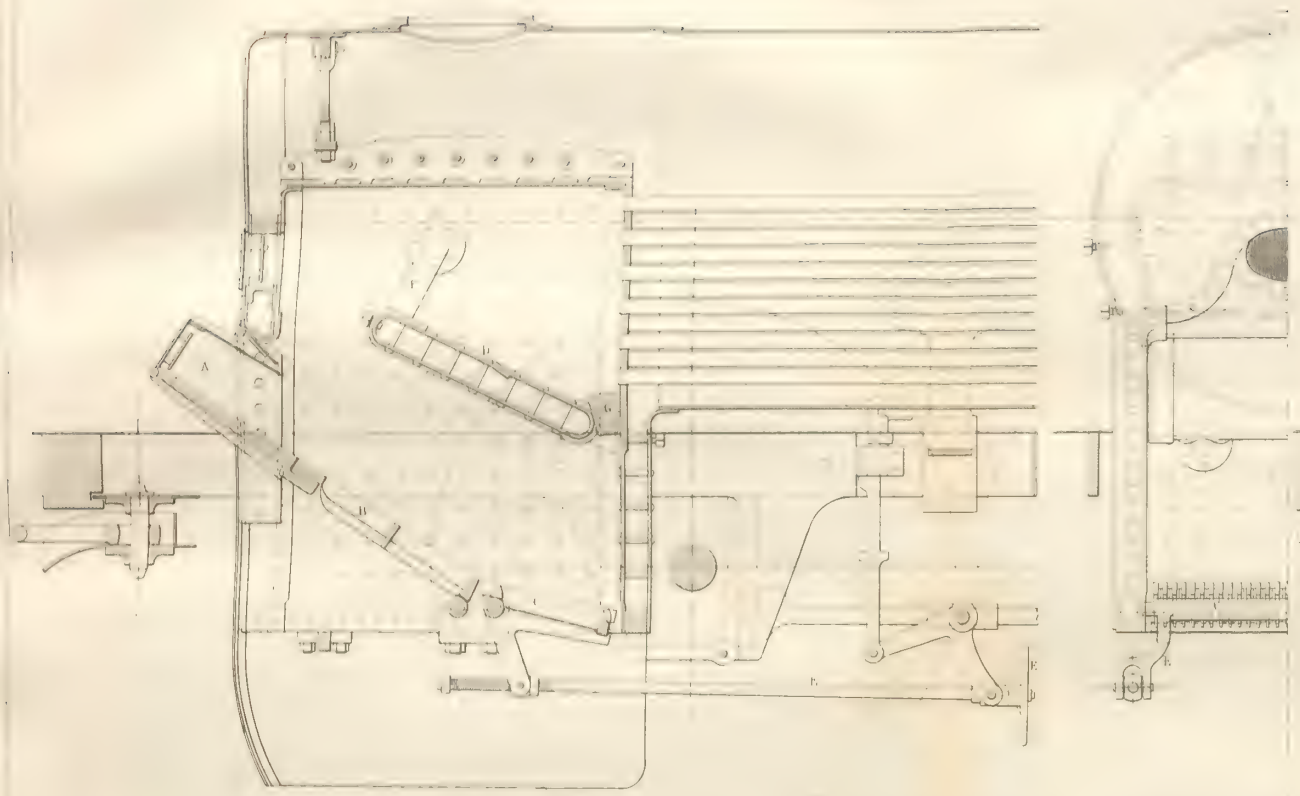
Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Système de M. Tenbrinck

Système de M. Bonnet



MOIS.	MACHINES A ROUES LIBRES.						MACHINES MIXTES.										MARCHANDISES.	
	ÉPERNAY à REIMS.		METZ à FORBACH et NANCY.		NANCY à ÉPINAL.		PARIS à CHALONS.			ÉPERNAY à PARIS et à CHALONS.			TROYES, PARIS, CHAUMONT et MORTCERF.		METZ à LUXEMBOURG.		NANCY à BAR-LE-DUC et STRASBOURG.	
	COKE, foyer ordinaire.	HOUILLE, Bonnet.	COKE, foyer ordinaire.	HOUILLE, Tenbrinck.	COKE, foyer ordinaire.	HOUILLE, Bonnet.	COKE, foyer ordinaire.	Tenbrinck.	HOUILLE.	COKE, foyer ordinaire.	Tenbrinck.	HOUILLE.	COKE, foyer ordinaire.	HOUILLE, Bonnet.	COKE, foyer ordinaire.	HOUILLE, Tenbrinck.	COKE, foyer ordinaire.	HOUILLE, Tenbrinck.
Avril.....	"	"	7 22	7 69	6 38	7 26	7 57	9 66	11 57	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Mai.....	"	"	7 10	5 49	6 56	7 37	7 49	8 76	7 04	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Juin.....	"	"	6 54	6 13	"	"	7 40	8 01	7 40	"	"	"	8 15	7 99	"	"	"	"
Juillet.....	"	"	6 84	5 82	"	"	7 67	8 52	7 94	"	"	"	8 66	7 84	"	"	"	"
Août.....	7 80	7 11	7 09	6 48	6 35	8 27	8 00	8 24	8 66	"	"	"	8 85	9 34	"	"	13 78	11 49
Septembre..	7 43	7 50	7 53	5 94	6 29	6 59	"	8 20	8 40	"	"	"	9 23	8 73	"	"	13 23	12 63
Octobre....	8 78	8 80	7 86	7 33	6 92	7 79	"	8 80	9 09	"	"	"	9 86	9 87	10 31	9 11	14 52	11 65
Novembre..	8 27	8 57	"	"	6 90	8 52	7 74	8 30	8 53	8 07	8 66	"	9 77	9 28	9 72	8 89	15 67	15 83
Décembre...	8 08	9 09	8 47	9 06	6 91	8 56	8 38	8 54	7 96	8 95	8 44	"	9 19	9 79	10 58	8 97	16 32	15 09
MOYENNES..	8 07	8 21	7 33	6 74	6 62	7 77	7 63	8 56	8 51	8 06	8 55	8 97	9 10	8 97	10 20	8 99	14 93	13 74

On voit, par ce tableau, que la consommation de la houille a été à peu près la même que celle du coke. Or, comme, pour l'année 1862, le prix moyen du coke est revenu à 22 fr. 50 la tonne, et celui de la houille grasse à 15 fr., on peut en conclure que, là où l'on a employé des appareils fumivores, on a réalisé, sur la valeur du combustible, une économie de 33 pour 100.

Il résulte des quatre dernières colonnes que, sur les machines mixtes, l'économie de houille a été de 42 pour 100, et sur les machines à marchandises de 6 pour 100.

L'économie produite sur la consommation n'est pas très-grande, et, dans les pays où l'on se soucie peu d'avoir de la fumée, ces appareils ne peuvent avoir le même succès qu'en France, où l'action de l'Administration vient en aide aux susceptibilités du public.

Chez nous, les foyers fumivores de MM. Tenbrinck et Bonnet sont de nature à éviter de sérieux embarras aux compagnies de chemins de fer. Aussi la compagnie de l'Est met en pratique, dès aujourd'hui, ce qui était en expérimentation au commencement de 1862.

Voici deux tableaux qui donnent la situation des locomotives transformées en machines fumivores pour la combustion de la houille au 20 février 1863.

MACHINES EN SERVICE.

DÉSIGNATION des MACHINES.	DATE de la sortie DE L'ATELIER.	NUMÉROS ET NOMS DES MACHINES.		PARCOURS avec le foyer fumivore au 1 ^{er} février 1863.
		FOYER TENBRINCK.	FOYER BONNET.	
Machines existantes transformées en fumivores, depuis l'origine jusqu'au 31 x ^b re 1862.	MACHINES à roues libres.	1861, 3 juillet. 16. La Ville de Saint-Avoid.....		67,537 k.
		9 id. 21. La Ville de Pont-à-Mousson.		74,581
		1862, 12 id.	10. La Ville de Schelestadt.....	15,462
		2 octobre	3. La Ville de Colmar.	7,950
		1859, novemb. 91. Le Soleil. A.....		135,551
		1861, 9 sept. 196. Schumla.....		53,831
		1862, 7 mars. 198. Kalafa.....		30,344
		30 id.	248. Damas. B.....	43,733
		10 avril. 202. Bukarest.		45,444
		10 mai. 244. Alexandrie.....		43,595
		5 juin.	118. La Ville d'Iéna...	34,658
		juillet. 191. Bésika.....		31,440
		id. 203. Jassi.....		32,769
		3 id.	114. La Ville de Lutzen.	20,624
		août. 255. Malte.....		26,197
	MACHINES mixtes.	15 sept.	204. Galatz.....	24,284
		20 id.	95. Vénus.....	11,636
		25 id. 207. Nicopolis.		14,268
		6 octobre	214. Tiflis.....	12,929
		9 id.	110. La Ville de Friedland.....	13,824
		15 id.	200. Silistrie.....	13,884
		30 id.	150. La Ville de Gondrecourt.....	10,195
		19 nov.	111. La Ville d'Eylau..	9,414
		4 déc.	195. Andrinople.....	6,479
		16 id.	249. Paros.....	5,401
		30 id.	344. Messine.....	"
		30 id.	133. La Ville de Luxembourg.....	1,996
	MACHINES à marchandises.	1861, 16 avril. 0,114. L'Aisne.....		41,303
		1862, mai. 0,37. Le Lion.....		28,982
		id. 0,45. L'Autriche.....		27,412
		10 sept.	0,206. La Mossig.....	6,200
		19 déc.	0,66. La Poméranie....	855
Total des machines en service au 31 x ^b re 1862.		14.....	18.....	892,808 k.
Machines sorties en 1863.	Roues libres.	1863, 13 février.	68. La Ville de Cou-lommiers.....	"
		18 id.	75. La Ville de Lisy..	"
		21 janvier 197. Giurgewo.....		564
	Mixtes.	7 février	247. Jaffa.....	"
		9 id.	128. La Ville de Brême.	"
		16 id.	157. La Ville de Bac-carat.....	"
	Marchandises.	10 janvier 0,75. La Carniole.....		306
		20 id. 0,77. L'Inn.....		305
Total des machines sorties au 20 février 1863.		3.....	5.....	1,175 k.

MACHINES EN CONSTRUCTION.

DÉSIGNATION des MACHINES.		NUMÉROS ET NOMS DES MACHINES.	
		FOYER TENBRINCK.	FOYER BONNET.
Matériel ancien en transformation.	Roues libres.	296. L'Aube.....	66. La Ville de la Ferté. 77. — de Sainte-Menehould.
	Machines mixtes.	94. Mercure..... 115. La Ville de Wagram..... 149. — de Vaucouleurs..... 190. Cronstadt..... 219. Byzance..... 102. La Ville de Vienne.....	106. La Ville de Trèves. 107. — de Luxembourg. 154. — de Remiremont. 212. Trébizonde. 222. Tripoli. 243. Palmyre. 250. Rhodes. 315. Le Cygne.
	Machines à marchandises.	0,38. La Vierge. 0,42. Le Capricorne. 0,44. La Germanie.	
		10.....	10.
Total des machines en transformation.....		20.	
Machines neuves en construction.	16 Machines mixtes en construction à l'usine de Grafenstaden.	346. Bâle. 347. Soleure. 348. Neuchâtel. 349. Berne. 350. Genève. 351. Lausanne. 352. Fribourg. 353. Yverdun. 354. Thun. 355. Interlaken. 356. Lucerne. 357. Altorff. 358. Aarau. 359. Zurich. 360. Schaffhouse. 361. Saint-Gall.	
	5 Machines à marchandises en construction à l'atelier d'Épernay.	0,285. Cherbourg. 0,286. Brest. 0,287. Lorient. 0,288. Rochefort. 0,289. Toulon.	
Total des machines neuves...		21.	

Ainsi, au 20 février 1863, il y avait en service sur les chemins de fer de l'Est :

Machines avec foyer Tenbrinck.	17	} 40
Machines avec foyer Bonnet.	23	

Elles avaient parcouru 893,983 kilomètres.

Aux ateliers pour transformation :

Machines avec foyer Tenbrinck.	10	} 20
Machines avec foyer Bonnet.	10	
Machines neuves en construction avec foyer Tenbrinck.	21	
Total jusqu'à ce jour.	81	

Le nombre des machines au service de la compagnie de l'Est est de 614.

La Prusse, ou son gouvernement qui exploite les mines de Sarrebruck, livre ses houilles telles qu'elles sortent de la mine, sans aucun triage. Il fallait bien que la compagnie de l'Est, qui n'employait que du gros charbon sur ses locomotives à marchandises, fit la séparation du menu qu'elle vendait au mieux de ses intérêts. Mais, par la plus singulière interprétation de son cahier des charges, on a vu dans ce fait si simple un acte de commerce, et elle a été dans l'obligation ou de faire des remblais avec son menu ou d'acheter seulement du gros à un marchand de charbon, ou de brûler le tout-venant que lui livrait l'Administration royale de Prusse.

Depuis le premier janvier de cette année, on a essayé de donner du tout-venant aux mécaniciens; cette houille est placée sur les grilles sans aucun triage. Les grilles n'ont pas été modifiées : dans les appareils de M. Tenbrinck, l'écartement des barreaux des foyers est de 20 millimètres, mais ils portent des saillies horizontales pour retenir la houille. Dans les foyers de M. Bonnet, l'espacement des barreaux est resté de 10 à 12 millimètres.

Avec la houille venant de la mine de Von der Heydt, le triage donne :
75 pour 100 de gros employé dans les locomotives,

25 pour 100 de menu, dont 10 pour 100 de gaillette, et le reste en fine houille.

Les feuilles d'économie du combustible du mois de janvier ont donné, avec le tout-venant Von der Heydt, les résultats les plus satisfaisants. Sans doute la consommation restera un peu plus grande qu'avec la grosse houille, mais elle n'effacera pas la marge que nous laissent les prix qui sont aujourd'hui en gare de Forbach, de 15 fr. la tonne pour le gros charbon et de 12 fr. 25 pour le tout-venant. L'embarras de la compagnie de l'Est va donc cesser. C'est ainsi que le génie de l'industrie tend à aplanir les obstacles créés par la nature des choses ou par le jugement des hommes.

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1862.

RAPPORT SUR LES PRODUITS CHIMIQUES INDUSTRIELS (CLASSE II, SECTION A), PAR
M. A. W. HOFMANN, PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE LONDRES. (*Suite*) (1).

Carbonate de soude.

« Nous devons à l'illustre Leblanc la découverte à jamais mémorable du procédé universellement employé maintenant pour la fabrication du carbonate de soude au moyen du sel marin. » Tel est l'hommage que rend le rapporteur, au début de ce chapitre, à l'infortuné créateur de l'une des industries les plus importantes qui sont nées avec le siècle. Nous ne le suivrons pas dans l'historique qu'il fait du procédé Leblanc; cet historique a été tracé d'une manière bien plus complète par M. Dumas, dans un rapport présenté en 1856 à l'Académie des sciences, et nous y renverrons le lecteur (2).

M. Hofmann donne ensuite, sur la fabrication de la soude en Angleterre, des détails statistiques dont nous extrayons les chiffres ci-dessous :

	Statistique pour 1852 d'après M. Allhusen.	Statistique pour 1862 d'après M. Gossage (3).
	— Tonnes.	— Tonnes.
Sel de soude.	71,193	156,000
Cristaux de soude.	61,044	104,000
Bicarbonate de soude.	5,762	13,000
Chlorure de chaux.	13,100	20,000

M. Gossage estime à plus de 50 millions de francs la valeur totale de ces produits, fabriqués par 50 établissements environ, qui emploient au moins 10,000 ouvriers. A l'exception de la dépense des matières premières tirées d'autres contrées, cette somme est entièrement ajoutée au revenu annuel du pays.

Cela posé, l'auteur passe en revue les phases principales de la fabrication de la soude, et il établit à cet égard les divisions suivantes :

- 1° Transformation du sel marin en sulfate de soude;
- 2° Traitement du sulfate de soude dans les fours à soude, avec un mélange de craie et de houille pour produire la soude brute (*black-ball*);
- 3° Lessivage de la soude brute par l'eau chaude pour en extraire les produits alcalins solubles;

(1) Voir *Bulletin* d'août 1863, p. 478.

(2) Voir *Bulletin* de 1856, 2^e série, t. III, p. 212.

(3) *Gossage's History of the soda manufacture*. Voir également le *Bulletin* de 1862, 2^e série, t. IX, p. 56.

4° Évaporation de la solution ci-dessus, connue sous le nom de *liqueur rouge*, pour en obtenir les produits alcalins solides, caustiques et carbonatés, dans une condition pure et marchande.

Fabrication du sulfate de soude. — Le premier terme de cette série d'opérations consiste dans la transformation du sel marin en sulfate de soude, par le traitement du sel au moyen de l'acide sulfurique des chambres de plomb. L'acide chlorhydrique qui résulte inévitablement de cette réaction, et qui se dégage en grande abondance, a donné lieu, dans les différents pays, à des plaintes fréquentes, basées sur le préjudice qui en résultait pour la végétation ; de là de nombreuses tentatives pour condenser les vapeurs acides, et différents procédés parmi lesquels celui bien connu des bonbonnes de M. Kuhlmann, et celui introduit par M. Gossage en 1836, et consistant dans les tours à coke. Des améliorations importantes ont été également apportées dans la construction des fours où se produit le sulfate de soude. Sans nous arrêter aux systèmes de M. Gossage (1) et de M. Gamble (2) que cite le rapporteur, nous citerons d'après lui la disposition suivante de four à réverbère qui paraît fonctionner avec succès.

« Cet appareil, dit M. Hoffmann, se compose de deux moufles dont l'une en fonte et l'autre en briques. La partie inférieure de la première représente un segment de sphère creuse, en fonte épaisse, ayant 9 pieds ($2^m,74$) de diamètre dans sa partie la plus large, et 1 pied 9 pouces de profondeur ($0^m,52$). Elle est placée sur une assise en briques et surmontée d'un couvercle en fonte, représentant également un segment de sphère creuse de 1 pied ($0^m,30$) de profondeur environ au centre. Ce couvercle est percé de deux ouvertures fermées par des portes, dont l'une sert à introduire le sel, tandis que par l'autre le mélange peut être poussé dans la moufle en briques. On place un foyer à côté de la moufle en fonte, et l'on fait d'abord passer la flamme au-dessus de son couvercle, pour la diriger ensuite sous la sole en fonte. La chaleur nécessaire est ainsi fournie par transmission aux matières contenues dans la moufle, et les gaz se dégagent non mélangés d'air, à une température comparativement peu élevée. La moufle en briques est contiguë à celle en fonte ; toutes les deux sont assises sur la même pile de maçonnerie et chauffées par des carnaux qui communiquent les uns avec les autres. La moufle en briques est une chambre d'environ 30 pieds de long ($9^m,14$) sur 9 de large ($2^m,74$), et dont la sole en briques est superposée à une série de carnaux ; la partie supérieure de cette moufle consiste en une mince voûte de briques surmontée elle-même d'une autre voûte en briques, l'espace entre les deux formant ainsi un carneau pour la circulation de la flamme. A l'une des extrémités de cette moufle en briques se trouve le foyer, dont la flamme circule d'abord dans l'intervalle situé entre les deux voûtes pour revenir ensuite par les carnaux qui sont sous la sole en briques. De cette manière la chaleur est communiquée, par transmission à travers la maçonnerie de la voûte et de la sole, au mélange introduit dans la moufle.

(1) Gossage (W.), patente 7267, 24 décembre 1836.

(2) Gamble (J. C.), patente 8000, 14 mars 1839.

« Pour faire fonctionner cet appareil, on verse une demi-tonne de sel dans la moufle en fonte chauffée, et l'on fait couler sur ce sel la quantité nécessaire d'acide sulfurique (densité 1,7). On facilite le mélange en brassant de temps en temps la matière avec un ringard en fer; il en résulte un fort dégagement de gaz acide chlorhydrique. Le mélange s'épaissit graduellement, et au bout d'une heure et demie environ (après l'élimination des $\frac{2}{3}$ de l'acide chlorhydrique) il est devenu pâteux et est prêt à être transféré dans la moufle en briques. Pour effectuer cette translation, on pousse le mélange à travers le canal de communication existant entre les deux moufles.

« Afin de chasser complètement l'acide chlorhydrique du sulfate de soude, il est nécessaire de maintenir la moufle en briques au rouge vif; il en résulte que le gaz se dégage de cette partie de l'appareil à une température élevée. Si l'on désire obtenir un acide concentré pendant cette phase de l'opération, il faut refroidir le gaz avant son entrée dans les condensateurs; mais cette précaution est inutile, si l'on ne désire qu'un acide faible. Il y a un arrangement qui sert à fermer la communication entre les deux moufles de manière à pouvoir maintenir séparés les gaz provenant de chacune d'elles.

« A l'aide de ces perfectionnements et avec le concours de condensateurs d'une capacité convenable et alimentés suffisamment d'eau, il est facile de diriger la fabrication du sulfate de soude de manière à ne causer aucun préjudice au voisinage de la fabrique. C'est là le procédé que suit depuis longtemps M. Tennant, à Glasgow, dans ses magnifiques usines où l'on décompose jusqu'à cinq cents tonnes de sel par semaine, au sein d'une population très-nombreuse. C'est encore grâce à cette méthode que M. Muspratt, forcé d'abord de quitter Liverpool, puis Newton, a pu revenir s'établir dans cette première ville. Ces dispositions sont également adoptées aujourd'hui en Belgique, où elles sont même prescrites par la loi (1), et on commence à les appliquer en France. Il paraîtrait cependant qu'on n'est pas encore parvenu partout, en Angleterre, à obtenir une condensation parfaite, car une enquête a été ordonnée à ce sujet. »

Bien que le chlorure de sodium employé en Angleterre pour la préparation de la soude soit d'une blancheur et d'une pureté remarquables, néanmoins le sulfate de soude est quelquefois moins pur que celui qu'on fabrique en France et qui contient souvent 99,5 pour 100 de sulfate de soude neutre. Cette différence provient de ce que le sel marin, étant extrêmement bon marché en Angleterre, y est souvent employé en excès.

Fabrication de la soude brute (ball-soda). — Le sulfate de soude obtenu, on le mélange avec du carbonate de chaux ou quelquefois avec de l'hydrate de chaux et de la houille, dans des proportions qui sont encore à peu près celles indiquées primitivement par Leblanc et qui sont, en Angleterre, en France et en Allemagne, suivant la

(1) Le rapporteur fait ici allusion à la grande enquête publique qui a été faite en Belgique et qui a donné lieu, en 1856, à un rapport dont le *Bulletin* a donné un extrait. (Voir 2^e série, t. VII, 1860, p. 406 et 601.)

qualité des matières : sulfate de soude, 100; — carbonate de chaux, 90,2 à 115; — houille, de 35 à 61,7.

Le rapporteur, après avoir rappelé l'opération de la fusion qui se fait généralement, en Angleterre, dans des fours à deux étages (*balling-furnaces*) et qui produit la soude brute en blocs (*black-ash* ou *ball-soda*), fait remarquer qu'autrefois on chargeait les matières après les avoir pulvérisées et mélangées, tandis qu'aujourd'hui on préfère les employer en morceaux de manière à obtenir des blocs de soude assez poreux pour se déliter facilement et favoriser la lixiviation.

Sur le continent les fours n'ont ordinairement qu'une seule sole, et leur capacité plus grande leur permet de recevoir une charge plus considérable; mais aussi la réaction demande beaucoup plus de temps pour s'accomplir.

« Il est difficile de décider laquelle de ces deux méthodes est la plus économique. Au point de vue théorique, la méthode anglaise paraît offrir plus d'avantages; car, en opérant sur moins de matières à la fois, le travail est moins pénible, la manipulation plus facile, et le mélange reste moins longtemps soumis à une chaleur très-intense, qui, dans certaines circonstances, peut occasionner la volatilisation d'une quantité notable de sodium (1).

« Il y a dix ans environ, MM. Elliot et Russel (2) proposèrent de simplifier la fabrication de la soude brute en opérant dans des fours rotatifs. Cette méthode a été récemment perfectionnée et mise en pratique par MM. Stevenson et Williamson, à la fabrique de produits chimiques de Jarrow, South-Shields. D'après ce perfectionnement, le mélange de matières est introduit dans un cylindre rotatif en fer, garni, à l'intérieur, de briques réfractaires et chauffé par une flamme qui le traverse d'outre en outre; cette flamme, qui se dégage du foyer placé à l'une des extrémités de l'appareil, se rend dans une cheminée qui communique avec l'autre extrémité. »

Suivant M. Stevenson, qui a fourni au rapporteur une description complète de l'un de ces fours, l'appareil peut être maintenu fermé en raison de l'inutilité des instruments ordinairement employés pour remuer le mélange; sa garniture en briques de 9 pouces d'épaisseur (0^m,225) dure très-longtemps, et l'économie de main-d'œuvre est considérable. Un four de cette nature, ayant 11 pieds de long (3^m,35) sur 7,5 pieds de diamètre (2^m,25), décompose 14 quintaux (700 kilog.) de sulfate de soude toutes les deux heures, au prix de 2 shillings et 1 penny (2 fr. 60) par tonne, y compris le transport et le chargement des matières.

Des quantités considérables de soude brute sont employées plus particulièrement en Angleterre par les fabricants de savon, sans avoir été préalablement soumises à aucun autre traitement. Mais, si l'on veut convertir la soude brute en sel de soude blanc ou en carbonate de soude cristallisé, il faut la soumettre à la lixiviation.

Lixiviation de la soude brute. — Les blocs de soude brute, en Angleterre, sont gé-

(1) Suivant M. Stromeyer, cette perte peut s'élever jusqu'à 3 pour 100 du sulfate employé (*Ann. chem. pharm.*, CVII, p. 333).

(2) Elliot (G.) et Russell (W.), brevet 887, 13 avril 1853.

néralement plus noirs et plus charbonneux que ceux du continent. Avant le lessivage, on les expose ordinairement à l'air pendant un jour ou deux, et, dans quelques fabriques, pendant dix à douze, non-seulement pour les laisser refroidir complètement, mais encore pour favoriser leur désintégration de manière à faciliter leur traitement ultérieur.

M. Hoffmann fait l'historique des différents procédés de lixiviation qui se sont succédé depuis la méthode élémentaire des cuves superposées à différents étages et contenant des liqueurs de différentes richesses, méthode nécessitant une main-d'œuvre fatigante pour le transport de la soude brute non épuisée des cuves inférieures dans les supérieures et ayant l'inconvénient de trop tasser la matière.

Clément Desormes imagina un appareil ingénieux qui remédiait partiellement à ces inconvénients. Au lieu d'introduire la soude brute dans les cuves, il la concassait et la plaçait dans des paniers en tôle perforée, qu'il immergeait alors dans l'eau des différentes cuves. Chacune de celles-ci était placée à quelques pouces seulement au-dessus de la précédente, et, pour que l'eau qui arrivait par le haut s'écoulât du fond de la cuve supérieure à la surface du liquide de la cuve placée immédiatement au-dessous, un tuyau en forme de siphon s'élevait de la partie inférieure de chaque cuve et débouchait à la surface de la cuve suivante. Cet arrangement ingénieux diminua considérablement la hauteur à laquelle il fallait soulever la matière en la transvasant de cuve en cuve, et l'on put multiplier les cuves à volonté sans que la plus élevée de la série fût cependant placée à une hauteur incommode au-dessus du sol. Cependant, avec la méthode de Desormes, tous les inconvénients étaient loin d'avoir disparu; la lenteur de l'opération, l'emplacement considérable que nécessitait l'appareil appelaient encore des perfectionnements.

Il appartenait à un fabricant de soude anglais, M. James Shanks, de St.-Helens (1), de résoudre le problème du lessivage d'une manière à la fois rationnelle et économique. « Pour arriver à ce résultat, M. Shanks profita du fait que les solutions deviennent plus denses à mesure qu'elles sont plus chargées et plus concentrées, et qu'une colonne de solution faible d'une certaine hauteur est contre-balancée par une colonne moins haute d'une solution plus dense.

« D'après ce principe, dans une série de cuves disposées horizontalement, à travers lesquelles on fait couler de l'eau, qui, dans son parcours, opère la lixiviation d'une matière soluble ou partiellement soluble et qui se charge de plus en plus, le niveau de l'eau s'abaissera successivement de cuve en cuve, depuis la première qui reçoit l'eau pure jusqu'à la dernière d'où elle s'écoule saturée. Ainsi, quoique les cuves elles-

(1) M. Hoffmann fait cependant remarquer que d'autres réclament l'honneur de l'invention. Ainsi, en parlant du nouvel appareil, le docteur Muspratt (*Dictionary of applied chemistry*, p. 926) dit : « L'éditeur sait que l'appareil lixiviateur, adopté maintenant généralement par les « fabricants de soude en Angleterre, est une invention étrangère, et qu'en 1843 environ « M. C. T. Dunlop l'introduisit dans la fabrique de produits chimiques de Saint-Rollox, à « Glasgow. »

mêmes soient dans un même plan horizontal, les niveaux de leurs eaux seront étagés, et, quoique le courant qui traverse ces cuves soit en un sens horizontal, il sera néanmoins incliné en réalité.

« Cette déclivité réelle sera d'autant plus grande que l'eau se chargera plus rapidement en passant de cuve en cuve; en d'autres termes, elle sera proportionnelle à la différence de densité des solutions dans les différentes cuves. Cette concentration accélérée du liquide sera évidemment produite à mesure de son avancement dans les cuves, si on le met dans chacune en présence d'une charge toujours plus fraîche et moins épuisée de matières à lessiver. Les arrangements sont faits en conséquence, et la déclivité utilisable qu'on obtient ainsi n'est pas moins de 12 à 15 pouces (0^m,30 à 0^m,35) d'un bout à l'autre de la série des cuves, malgré leur disposition horizontale.

« Les cuves sont reliées entre elles par des tuyaux, de manière à former une série n'ayant, pour ainsi dire, ni commencement ni fin, et fournissent à l'eau un passage non interrompu qui lui permet sans cesse de couler dans une espèce de cercle. Cet arrangement met l'opérateur à même de choisir deux cuves contiguës quelconques, et d'en faire les cuves d'*entrée* et de *sortie* du liquide lessivant. Les cuves étant alternativement vidées et remplies, celle qu'on a chargée en dernier lieu et qui contient, par conséquent, la matière la plus riche est aussi celle dans laquelle le liquide saturé le plus complètement devient le plus dense et reste au niveau le plus bas; en conséquence, cette cuve sera, jusqu'à nouvel ordre, la *cuve de sortie*, d'où l'on fait découler la solution saturée.

« D'un autre côté, la cuve qui au même moment renferme la matière la plus épuisée est nécessairement celle qui contient la liqueur la plus faible et qui, pour cette raison, possède le niveau d'eau le plus élevé. Cette cuve forme, par conséquent, le sommet de la déclivité et est la *cuve d'entrée* pour l'eau pure.

« Les cuves interposées renferment des solutions de saturation et de densité intermédiaires, lesquelles se maintiennent à des niveaux correspondants et constituent entre ces niveaux une graduation uniforme, qui va d'une cuve extrême à l'autre de la série.

« Lorsque la charge, dans la cuve d'entrée qui reçoit l'eau parfaitement pure, est complètement épuisée, on l'enlève et on remplit la cuve de nouvelle matière à lessiver; alors, en ouvrant une série de robinets, on transforme cette cuve en cuve de sortie, et c'est ainsi qu'après avoir été le point le plus élevé de la déclivité elle en devient immédiatement l'extrémité inférieure. On dirige en même temps le courant d'eau pure dans la cuve la plus voisine, c'est-à-dire dans celle qui contient alors la charge à peu près déjà épuisée; cette cuve se trouve donc à son tour la première de la série, c'est-à-dire celle qui, contenant la solution la plus faible, présente la colonne de liquide la plus haute. Une charge après l'autre étant ainsi épuisée, chaque cuve à son tour est vidée et remplie, et de cette manière chacune d'elles occupe successivement le point le plus élevé, le plus bas et tous les points intermédiaires de la déclivité.

« Outre les tuyaux qui relient les cuves entre elles, chacune de celles-ci est pourvue d'un tube d'écoulement à robinet par lequel, lorsqu'elle devient la dernière de la sé-

rie, on fait écouler le liquide saturé dans une grande citerne faisant fonction de réservoir. Plus il y a de cuves dans une série, et plus on peut épuiser parfaitement un poids donné de matière dans un temps donné. Il existe cependant des limites pratiques, tant pour la multiplication des cuves que pour le ralentissement du courant d'eau, et il suffit que la solution qui s'écoule possède une densité un peu au-dessous de 1,3, soit, par exemple, de 1,27 à 1,286 ; chaque pied cube de solution ($0^{\text{m}^3},028$) renferme alors de 10 à 11 livres ($4^{\text{k}},50$ à $4^{\text{k}},95$), ce qui représente environ 13,5 pour 100 du poids du liquide.

« Dans beaucoup de fabriques, les cuves de lessivage forment des vases séparés ; mais le mode de construction le plus simple et le moins coûteux, c'est de produire la série nécessaire sous forme d'un seul grand réservoir divisé en compartiments, dont chacun fonctionne comme une cuve distincte. »

En Angleterre, le système de lixiviation qui vient d'être décrit est suivi, pour ainsi dire, partout. Sur le continent, il n'en est pas encore de même, et l'on pratique encore sur quelques points l'ancienne méthode, au moyen des paniers qu'on transporte de cuve en cuve.

Évaporation des lessives de soude ; fabrication du sel de soude. — Avant de passer en revue les opérations qui font l'objet de ce paragraphe, M. Hofmann examine la théorie du procédé de fabrication de la soude et les diverses opinions qui ont été émises 1° sur la nature des changements qui s'opèrent, lorsqu'on soumet un mélange de sulfate de soude, de craie et de houille à la chaleur du four ; et 2° sur les réactions qui ont lieu parmi les produits provenant des fours à calcination, lorsqu'on les soumet à l'action de l'eau pendant la période de lixiviation. Il cite d'une part M. Dumas (1) comme ayant fourni le premier une théorie reproduite par la majorité des manuels de chimie, et d'autre part MM. Unger (2), Kynaston (3), Scheurer-Kestner et Gossage (4), ce dernier ayant une opinion opposée à celle de M. Dumas. Nous ne suivrons pas l'auteur dans les appréciations auxquelles il se livre, et nous renverrons le lecteur aux documents originaux cités dans les annotations placées au bas de cette page ; mais nous ferons remarquer, avec M. Hofmann, que la théorie du procédé qui fournit la soude artificielle participe de cette obscurité qui règne encore sur tout le domaine des opérations par la voie sèche ; ces dernières constituent, en effet, la branche la moins développée de la science chimique, sans doute parce qu'elles sont aussi de beaucoup les plus difficiles à examiner. Les moyens d'investigation dont on dispose pour observer les phénomènes qui se passent dans les fours à calcination sont limités en raison de l'intensité de la température à laquelle ils se produisent. Il est extrêmement probable que, pendant des opérations par voie sèche, lorsque la température a atteint son plus haut degré d'intensité, il se forme des composés qui peuvent se mo-

(1) Dumas, *Traité de chimie*, II, p. 474.

(2) Unger, *Ann. chem. pharm.*, LXI, p. 129 ; LXIII, p. 240 ; LXVII, p. 28 ; LXXXI, p. 289.

(3) Kynaston, *Chem. S. qu. J.*, XI, p. 155.

(4) Gossage, *History of the soda manufacture*, p. 56.

difier de nouveau, lorsque la température s'abaisse. Le caractère des produits obtenus à la chaleur rouge ou blanche doit être en grande partie hypothétique, attendu qu'on ne possède que fort peu de moyens pour constater avec précision, à travers la flamme du four, les diverses conditions de leur existence. En effet, on ne peut même pas peser un produit obtenu au rouge vif. Il échappe à l'appréciation de presque tous nos sens, et les yeux même, éblouis et troublés, ne peuvent discerner que très-indistinctement la manière dont se comportent les corps dans l'intérieur d'un four fortement chauffé. Aussi c'est surtout dans les opérations par voie sèche qu'on voit les résultats pratiques devancer les données de la théorie, et les hypothèses contradictoires se partager l'opinion des chimistes.

« Deux procédés différents, continue l'auteur, sont principalement employés aujourd'hui pour l'évaporation de la solution obtenue par la lixiviation de la soude brute (*black ball*).

« L'un de ces procédés consiste dans l'application de la chaleur à la surface du liquide. L'opération se fait dans des chaudières rectangulaires en tôle, maçonnées dans des fours à réverbère parcourus dans toute leur longueur par la flamme et les gaz du foyer. Une ébullition superficielle rapide se produit ainsi, et la surface du liquide se recouvre d'incrustations salines, que l'ouvrier brise, afin d'exposer sans cesse de nouvelles portions du liquide à l'action de la chaleur. On retire par intervalles, au moyen de portes latérales, le sel qui se précipite au fond, et on le fait égoutter sur une surface inclinée; le liquide qui s'écoule est une eau mère contenant beaucoup de sulfure de sodium et de soude caustique. Cette méthode d'évaporation est rapide et économique, mais elle a le désavantage de mettre les produits acides (sulfureux et carbonique) de la combustion en contact immédiat avec l'alcali en solution, de sorte que la soude caustique est carbonatée et qu'une partie du carbonate même se convertit en sulfite de soude; une portion notable de ce dernier se change en sulfate par une oxydation ultérieure.

« L'autre procédé d'évaporation consiste à appliquer spécialement la chaleur contre le fond des chaudières, et à empêcher ainsi le contact du liquide avec les produits de la combustion; mais il occasionne plus d'usure des chaudières et nécessite des précautions toutes spéciales pour les empêcher d'être brûlées par le dépôt d'une couche de précipité salin non conductrice de la chaleur. Pour éviter cet inconvénient, M. Gamble de Saint-Helens emploie des chaudières de forme particulière, dont le fond présente au milieu une dépression qui s'étend dans toute la longueur, et dont les parois inclinées de chaque côté leur donnent une section transversale analogue à celle d'un bateau (1). On oblige la flamme (ordinairement la flamme perdue des fours à soude) à lécher principalement les parois inclinées, dont la pente facilite l'extraction du sel de soude qu'on retire au moyen d'espèces d'écumoirs et qu'on fait égoutter comme ci-dessus sur une surface inclinée.

« Quel que soit le mode d'évaporation employé, on transporte le produit salin

(1) *On the recent progress and present condition*, etc., p. 112.

obtenu dans un four à réverbère dans lequel il est carbonaté et oxydé, la majeure partie du sulfure de sodium se convertissant en sulfite ou en sulfate sodique. Le sel de soude qui en résulte est grisâtre. Pour le purifier, on peut le redissoudre à la vapeur dans le moins d'eau possible, laisser la solution se clarifier, décanner le liquide limpide et l'évaporer de nouveau à siccité. On obtient ainsi un sel de soude parfaitement blanc.

« On prépare un produit encore plus pur en lavant méthodiquement le sel impur avec une solution froide et saturée de carbonate de soude pur : cette solution ne dissout plus que les sels étrangers, tels que chlorure, sulfure et sulfate sodiques, et laisse le carbonate de soude à l'état de grande pureté (Kalston). »

Après avoir dit quelques mots d'une autre méthode assez communément employée et qui consiste à faire évaporer le liquide ordinaire des cuves pour repêcher les sels qui se déposent, jusqu'à ce que le volume primitif ait été réduit à un volume déterminé par l'expérience, M. Hofmann parle du procédé imaginé par M. Gossage (1) pour opérer la purification des lessives de soude brute sans recourir à l'action du feu. M. Gossage fait filtrer lentement les liqueurs à travers un lit de coke placé dans une tour assez haute, en même temps qu'un courant d'air s'élève en sens inverse. De cette manière la lessive sulfureuse, extrêmement divisée, s'oxyde au contact de l'air qu'elle rencontre, et le liquide, entièrement débarrassé de sulfure, s'écoule par le bas. Les fabricants de savon qui préparent eux-mêmes leur alcali emploient généralement cet appareil.

Carbonate de soude cristallisé ; cristaux de soude. — « Pour obtenir les cristaux de soude, on laisse cristalliser les solutions concentrées et limpides de sel de soude dans des vases en fonte ayant la forme de calottes sphériques. En France, où on opère de la même manière, ces vases sont plus petits que ceux qu'on emploie en Angleterre. Leur petite dimension permet aux ouvriers, après qu'on a fait écouler les eaux mères, d'en détacher les cristaux avec la plus grande facilité. Pour cela on n'a qu'à plonger le vase pour un instant dans l'eau bouillante, de manière à mouiller seulement la paroi extérieure ; les cristaux commencent à fondre à la paroi intérieure et s'en détachent immédiatement après. »

La consommation des cristaux de soude est bien plus considérable en Angleterre qu'en France, où leur emploi se borne presque exclusivement aux cas où la présence de la soude caustique pourrait être nuisible.

Soude caustique. — « Depuis 1851 la soude caustique a été produite, soit sous forme de solution très-concentrée, soit plus fréquemment sous celle d'hydrate de soude fondu. Cet article est fabriqué en quantités considérables en Angleterre pour la consommation du pays et pour l'exportation en Amérique et aux colonies.

« Pendant assez longtemps on produisait invariablement la soude caustique en traitant les solutions non concentrées de soude brute au moyen de la chaux caustique.

(1) Gossage (W.), brevet 1232, 10 mai 1853.

Pour épargner le combustible qu'aurait nécessité l'évaporation de l'énorme quantité d'eau de ces liqueurs, beaucoup de manufacturiers imitant l'exemple de M. Dale, de la maison Roberts, Dale et comp., dont le Jury a récompensé les travaux par une médaille, se servent de cette soude caustique faible en place d'eau pour alimenter les générateurs à vapeur et y concentrent les lessives jusqu'à une densité de 1,24 à 1,25, sans le moindre inconvénient. Elles sont alors écoulées dans des vases en fonte ouverts et évaporées jusqu'à une densité de 1,9 ; à ce degré de concentration, elles se solidifient par refroidissement.

« Comme la fabrication de la soude caustique n'a été créée que depuis 1851, nous donnerons, d'après M. Gossage (1), une description détaillée des opérations qu'elle nécessite :

« Les lessives qu'on obtient en épuisant la soude brute sont évaporées très-fortement, de manière à en séparer la majeure partie des carbonate, sulfate et chlorure sodiques qu'elles renferment. La liqueur ayant été amenée à une densité de 1,5, presque tous les sels étrangers se sont précipités, et il reste en solution de la soude caustique, un composé rouge particulier de sulfure de sodium avec du sulfure de fer (ce qui a fait donner à ces solutions le nom de *liqueurs rouges*), ainsi que de petites quantités de carbonate, de sulfate, de chlorure, de ferrocyanure et quelquefois de sulfocyanure de sodium.

« Dans quelques fabriques, après avoir ajouté une petite quantité de chlorure de chaux ou de nitrate de soude, on fait évaporer les liqueurs rouges encore davantage dans les chaudières-bateaux dont il a été question, jusqu'à ce qu'on les ait amenées à une densité de 1,6 et à une température de 130 degrés. Pendant cette évaporation, il se précipite une nouvelle quantité de sels qu'on retire au moyen de poches perforées. On écoule ensuite la liqueur concentrée dans les vases à cristallisation, et on la laisse refroidir; elle dépose encore une certaine quantité de sels (2). On ajoute alors une plus forte proportion de nitrate de soude et on concentre davantage dans une chaudière en fonte hémisphérique, assez épaisse pour supporter la chaleur rouge. A mesure que l'eau s'évapore, le nitrate de soude réagit sur le sulfure et sur le cyanure de sodium; il se dégage des masses d'ammoniaque et même de l'azote. Une notable portion de cette ammoniaque provient de la destruction des cyanures; mais la majeure partie est certainement due à l'oxydation d'une certaine quantité de sulfures, etc., par la décomposition de l'eau, dont l'hydrogène réduit l'acide nitrique à l'état d'ammoniaque. A une température voisine du rouge on voit apparaître, à la surface, du graphite très-divisé, provenant du carbone du cyanogène (3).

(1) Voir également *On the manufacture of caustic soda*, par M. A. Norman Tate, Liverpool.

(2) M. Habich a conseillé de mettre les liqueurs, pendant qu'elles sont encore étendues, en contact avec du carbonate de fer naturel pulvérisé, afin d'obtenir, par double décomposition, du sulfure de fer et du carbonate de soude (*Dingler's pol. Journ.*, CXL, 370). Cette méthode n'a pas réussi en Angleterre.

(3) Pauli (Ph.), *Dingler's pol. Journ.*, CLXI, 129.

« D'après M. Pauli, la nature de la réaction dépend, en grande partie, de la température du liquide. Entre 138 et 143 degrés, le nitrate est simplement réduit en nitrite; à 155 degrés l'ammoniaque s'est dégagée en grande abondance, produisant une violente ébullition. La quantité d'alcali volatil qui se dégage ainsi est, en effet, si considérable, qu'il vaudrait peut-être la peine de la condenser, en faisant communiquer la chaudière à évaporation avec une tour à coke ordinaire. En concentrant davantage la liqueur rouge de manière à porter le point d'ébullition bien au delà de 155 degrés, la formation d'ammoniaque cesse, et il se fait à sa place un dégagement tumultueux d'azote pur (1).

« La quantité de nitrate de soude exigée pour faire de la soude caustique, au moyen de la liqueur rouge, varie suivant la composition de cette dernière. On emploie généralement $\frac{3}{4}$ à 1 quintal $\frac{1}{2}$ par tonne de soude caustique. (Norman Tate.)

« Pour économiser le nitrate de soude, on fait souvent cristalliser préalablement le carbonate sodique, et, après avoir écoulé les eaux mères, on les laisse s'oxyder en les faisant filtrer à travers un courant d'air ascendant, par lequel le sulfure de sodium est converti en sulfate, et le liquide décoloré. Dans quelques fabriques anglaises, au contraire, on se sert d'une pompe à air mue par la vapeur pour chasser l'air atmosphérique en filets très-minces à travers la liqueur chaude des cuves, opération qui demande six ou huit heures.

« M. Ordway (2) a proposé de mélanger la solution impure de soude caustique encore sulfurée avec du sesquioxyde de fer (hématite) en poudre grossière, qui divise la matière et la rend poreuse lorsqu'on arrive à siccité. Dans cet état l'oxygène de l'air oxyde les sulfures, les sulfites et hyposulfites avec la plus grande rapidité. Après calcination on lessive la masse, on laisse déposer le sesquioxyde de fer qu'on peut employer plusieurs fois (voir le chap. sur l'acide sulfurique); on évapore de nouveau à siccité la solution claire et limpide de soude caustique, et on chauffe le résidu jusqu'à fusion ignée.

« L'évaporation à siccité de la solution de soude caustique très-concentrée présente quelques difficultés, à cause de la tendance qu'elle a, à un certain moment, à bouillonner et à couler par-dessus les bords du vase. On y remédie facilement en y appliquant le principe des sources jaillissantes du Geyser, en Islande (3), c'est-à-dire en plaçant dans la chaudière une espèce d'entonnoir en tôle renversé et ne s'appuyant que par quelques points sur les parois de la chaudière. La vapeur, à mesure qu'elle se forme, fait mousser le liquide, l'entraîne dans l'entonnoir et l'amène jusqu'en haut, où il se déverse continuellement, et empêche ainsi l'ébullition trop violente du liquide en dehors de l'entonnoir.

« La soude caustique est maintenue assez longtemps en fusion ignée. L'oxyde de

(1) Pauli (Ph.), *Proceedings of the Manchester, Lit. and Phil. Society*, session de 1861-62, n° 9.

(2) Ordway, *Sillim. Am. Journ.*, novembre 1858.

(3) *On the recent progress et present condition*, etc., p. 113.

fer, comme l'a indiqué M. Ralston (1), se contracte alors et se dépose à l'état anhydre. Il paraît même que l'alumine est complètement éliminée à l'état de silicate alcalin (M. Pauli) insoluble et cristallin.

« Lorsque la soude caustique est assez concentrée pour contenir 60 p. 100 de soude anhydre, on la coule dans des barils en feuilles de tôle très-mince, et dont les joints sont lutés avec du plâtre; c'est dans cet état qu'on l'exporte en Amérique et en Australie. En Angleterre, les fabricants de papier de paille en font une grande consommation. Généralement, cependant, on préfère encore à la soude caustique solide la solution moyennement concentrée, qu'on transporte dans de grands vases en fer. On fabrique actuellement, dans le Lancashire, le sel de soude et la soude caustique dans la proportion de 19 à 1. »

Telle est l'esquisse du mode actuel de fabrication de la soude d'après le procédé Leblanc. Bien que tous les efforts tentés en Angleterre pour lui en substituer un meilleur n'aient abouti, d'après M. Gossage, qu'à faire dépenser beaucoup d'argent, M. Hofmann croit devoir, néanmoins, dire quelques mots des autres procédés qui ont surgi dans ces dix dernières années, car plusieurs reposent sur des principes nouveaux, et rien ne prouve que l'industrie ne puisse un jour en tirer quelque profit. Nous allons en donner une mention rapide.

Fabrication de la soude au moyen de la cryolithe. — Le minerai de cryolithe, qu'on trouve en masses énormes dans les carrières du Groënland, est un fluorure double de sodium et d'aluminium. En le réduisant en poudre fine et en le faisant bouillir avec de la chaux vive, il se forme du fluorure de calcium insoluble et de la soude caustique soluble, tandis que l'alumine est en partie précipitée par la chaux et en partie dissoute par l'alcali. En faisant passer ensuite du gaz acide carbonique dans la solution alumino-sodique, l'alumine est précipitée, et le carbonate de soude qui reste en dissolution fournit, par évaporation à siccité, un sel de soude parfaitement blanc et pur.

Les carrières du Groënland, appartenant au Gouvernement danois, sont exploitées, en vertu d'un monopole, par MM. Weber, qui en tirent annuellement de 60,000 à 70,000 quintaux, sur lesquels ils en consomment à peu près $\frac{1}{3}$, et vendent le reste.

Préparation de la soude au moyen du nitrate de soude. — M. Wœhler (2) a proposé la calcination du nitrate de soude naturel sous l'influence du peroxyde de manganèse. On a employé également, pour le même but, un mélange de nitrate de soude et de cuivre métallique, ou de nitrate de soude et d'oxyde de zinc.

Transformation du chlorure de sodium en carbonate de soude sans la production intermédiaire du sulfate. — Voici quelques-uns des procédés les plus intéressants qui ont été proposés :

Au moyen de l'oxyde de plomb. — Au siècle dernier, on a préparé de petites quantités de soude, en utilisant l'insolubilité de l'oxychlorure de plomb qu'on produisait en traitant du sel marin en solution aqueuse par de la litharge.

(1) Ralston (W. H.), brevet 2861, novembre 1860. *Rep. pat. inv.*, juin 1861, 496.

(2) Wœhler, *Ann. chem. pharm.*, CXIX, 37, 375.

Au moyen du bicarbonate d'ammoniaque. — Ce procédé porte généralement le nom de M. Schlöesing (1), bien qu'antérieurement MM. Dyer et Hemming aient eu la même idée. La théorie sur laquelle il repose est celle-ci : en traitant une solution concentrée de chlorure de sodium par du bicarbonate d'ammoniaque, ou, ce qui revient au même, par de l'ammoniaque sous l'influence d'un excès d'acide carbonique, il y a précipitation de bicarbonate de soude, tandis que le chlorure ammonique reste en solution. Le bicarbonate de soude est séparé des eaux mères et lavé par voie mécanique. En le calcinant dans des vases en fer, on le transforme en carbonate de soude neutre très-pur, et l'acide carbonique qui se dégage peut être de nouveau employé.

Au moyen du sulfate d'ammoniaque. — Procédé indiqué par MM. Persoz et Prückner (2). Par double décomposition de sulfate d'ammoniaque et de chlorure de sodium, on prépare du sulfate de soude et du chlorure ammonique; le sulfate de soude ainsi obtenu est réduit en sulfure par calcination avec le charbon; en traitant le sulfure de sodium par du protoxyde de cuivre, on obtient une solution de soude caustique, en même temps qu'un précipité insoluble de protosulfure de cuivre.

Au moyen du pyrophosphate de plomb ou de zinc. — M. Margueritte (3) propose de calciner le chlorure de sodium avec du pyrophosphate de plomb ou de zinc. Une double décomposition a lieu avec formation de chlorure de plomb ou de zinc volatil et de pyrophosphate de soude fixe. Le chlorure métallique volatilisé est reçu dans une chambre à condensation; le pyrophosphate sodique, dissous dans l'eau et bouilli avec de la chaux, donne du pyrophosphate de chaux insoluble et de la soude caustique soluble qu'on peut traiter par l'acide carbonique.

Au moyen de la silice. — D'après MM. Tilghmann (4) et Fritzsche (5), on transformerait le chlorure de sodium en silicate de soude, en le mélangeant avec de la silice et en soumettant le mélange porté au rouge à l'action d'un courant de vapeur; il en résulterait un dégagement d'acide chlorhydrique et formation de silicate de soude. En décomposant ensuite ce silicate au moyen d'un lait de chaux, on obtiendrait de la soude caustique.

Au moyen du fluor appliqué par voie humide. — (Brevet Kessler, 1858.) L'acide hydrofluosilicique qu'on obtient par la calcination d'un mélange de sable, d'argile et de spath fluor, et par la condensation du produit dégagé dans l'eau, sert à précipiter une solution de sel marin. En exposant le fluosilicate de soude qui en résulte à une température rouge sombre, on la transforme en fluorure de sodium; on fait bouillir ce dernier avec de la craie, et l'on obtient du carbonate de soude et du fluorure de calcium, etc.

(1) Schlöesing (Th.), brevet 1425, 28 juin 1854; *Rep. pat. inv.*, juin 1855, 489.

(2) Persoz et Prückner, *Wagner's Jahresb.*, III, 1857, 102.

(3) Margueritte (F.), brevet 2701, 22 décembre 1854; *Lond. Journ.*, octobre 1855, 197.

(4) Tilghmann (R. A.), brevet 11556, 1^{er} février 1847; *Rep. pat. inv.*, septembre 1847, 160.

(5) Fritzsche, *Polyt. Centralhalle*, 1858, 32.

Transformation du chlorure en sulfate de soude sans l'aide d'acide sulfurique. — Les principaux procédés essayés sont :

Au moyen du sulfate de magnésie. — Procédé appliqué par M. Ramon de Luna (1) et breveté antérieurement par MM. Pelouze et Kuhlmann (2). M. de Luna a préparé des quantités considérables de sulfate de soude très-pur en calcinant 1,75 partie de sulfate de magnésie naturel, légèrement desséché avec une partie de chlorure de sodium; il se dégage de l'acide chlorhydrique, et il se forme du sulfate de soude en même temps que de la magnésie. Le produit est dissous dans de l'eau à 90° C.; on ajoute de la chaux pour achever de décomposer le sel de magnésie, on décante, et la liqueur obtenue fournit une cristallisation abondante de sulfate de soude.

Au moyen des sulfates de magnésie ou de chaux et des sels de plomb. — M. Margueritte (3) calcine au rouge un mélange de sulfate de plomb et de chlorure de sodium, d'où résultent du sulfate de soude fixe et du chlorure de plomb volatil qui se condense en dehors du four à calcination. Le chlorure de plomb, mis en contact avec les sulfates de magnésie ou de chaux sous l'influence de l'eau, reproduit le sulfate de plomb et des chlorures de magnésium et de calcium qu'on jette.

Au moyen des pyrites de fer. — M. Longmaid (4) mélange des pyrites de fer un peu cuivreuses avec du chlorure de sodium, et grille le tout dans un four à réverbère. Il se forme ainsi du sesquichlorure de fer volatil, en même temps que du sesquioxyde de fer et du sulfate de soude fixes qu'on sépare par lixiviation. Ce procédé est exploité dans une ou deux fabriques.

D'un autre côté, MM. Brooman et Mesdach (5) font passer l'acide sulfureux résultant du grillage des pyrites, blendes ou galènes, conjointement avec de la vapeur d'eau sur du chlorure de sodium. Il se forme une certaine quantité de sulfate, de sulfite, et probablement aussi d'hyposulfite de soude; ces deux derniers sels sont rapidement convertis en sulfate par l'action de l'air.

Préparation du sulfate de soude au moyen de l'eau de mer. — Procédé dû aux belles recherches de M. Balard, et exploité en grand par M. Merle. Il consiste dans la double décomposition du chlorure de sodium et du sulfate de magnésie renfermés dans l'eau de mer concentrée, sous l'influence d'un fort abaissement de température.

Transformation du sulfate en carbonate de soude au moyen d'autres procédés que celui de Leblanc. — On peut énumérer les procédés suivants :

Au moyen d'agents réducteurs et d'oxyde de cuivre. — M. Possoz (6) reproduit la réaction déjà indiquée par MM. Persoz et Prückner (7), qui consiste à réduire le sulfate

(1) Ramon de Luna, *Ann. chem. pharm.*, XCVI, 104.

(2) Pelouze et Kuhlmann, brevet du 11 avril 1850.

(3) Margueritte, *Comptes rendus*, I, 760.

(4) *Rapports des jurés*, 1851, p. 41.

(5) Mesdach, *Génie industr.*, 1858, 306, Brooman (R. A.), brevet 595, février 1857.

(6) Possoz, *Comptes rendus*, XLVII, 648.

(7) Prückner, *Ann. chem. pharm.*, VIII, 160.

de soude en sulfure de sodium, et à convertir ce dernier en soude caustique par l'oxyde cuivrique ou mieux par l'oxyde cuivreux.

Au moyen d'oxyde de fer et de charbon de bois. — Procédé déjà indiqué, en 1775, par Malherbe, essayé plus tard sans succès par Alban, et repris depuis par M. E. Kopp (1). Ce dernier fond le sulfate de soude avec de l'oxyde de fer et du charbon; il obtient ainsi une soude brute ferrugineuse qu'il serait impossible de lessiver par l'eau (puisque le sulfure de fer s'y dissoudrait avec le sulfure de sodium), si on ne la soumettait préalablement à l'action de l'humidité et de l'acide carbonique. Sous cette influence les pains de soude brute ferrugineuse se délitent, et, traités par l'eau, fournissent une solution de carbonate de soude très-pure et très-forte, et un résidu de sulfure de fer noir renfermant toujours une certaine quantité de sulfure de sodium en combinaison insoluble. Les liqueurs évaporées donnent un sel de soude blanc renfermant, si l'opération a été bien conduite, de 90 à 92 p. 100 de carbonate neutre pur. (Voir, à cet égard, la théorie de M. Stromeyer. *Ann. chim. pharm.*, CVII, 333.)

Au moyen du carbonate et de l'acide carbonique. — Procédé Gossage (2); n'a pas réussi en pratique. Les réactions de ce procédé (déjà mentionné dans le chapitre sur l'acide sulfurique) comprennent la décomposition du sulfure de sodium au moyen de l'acide carbonique, donnant naissance à du carbonate de soude et à de l'hydrogène sulfuré; et la transformation de l'hydrogène sulfuré au moyen du peroxyde de fer en soufre et en eau, avec réduction du peroxyde à l'état de protoxyde.

Une autre méthode, citée par M. Hofmann, est celle que M. Hunt (3) a expérimentée dans ces derniers temps : l'idée en est déjà ancienne, et nous n'avons pas besoin d'en parler, car on la trouvera développée dans le *Traité de chimie* de M. Dumas.

Enfin, d'une part, MM. Kœlreuter (4) et Kessler (5) ont, tous deux, proposé de préparer le carbonate de soude en faisant bouillir le sulfate sodique avec du carbonate de baryte naturel ou artificiel.

Et, d'autre part, M. Reiner a essayé d'employer le carbonate de baryte naturel en place du carbonate de chaux dans le procédé Leblanc, et de se servir du résidu de sulfure et d'oxyde de barium, ou de carbonate et d'hyposulfite barytiques, pour la préparation de sels de baryte.

Utilisation des résidus du procédé Leblanc (oxysulfure de calcium). — Ici les tentatives sont nombreuses. MM. Deacon (6) (de Widnes), Varrentrapp (7), Kuhlmann (8),

(1) E. Kopp, *Ann. chim. phys.*, septembre 1856, 81.

(2) *On the recent progress of manufacturing chemistry in Lancashire*, p. 112.

(3) Hunt (W.), brevet 1126, 5 mai 1860; *London Journ. of arts*, janv. 1861, 20.

(4) Kœlreuter, *Wagner's Jahresbericht*, III, 1857, 103.

(5) Kessler, *Génie industr.*, août 1859, 109.

(6) Deacon, *Dingler's pol. Journ.*, 1849, CLXII, 279.

(7) Varrentrapp, *Ding. pol. Journ.*, CLVIII, 420.

(8) Kuhlmann, *Répert. chim. appl.*, III, 290.

Townsend et Walker (1), E. Kopp (2), L. Mond (3), Favre (4), Spencer (5), etc., ont chacun proposé différentes solutions; mais, en définitive, ainsi que le fait remarquer M. Hofmann, quoique certains des procédés proposés soient utiles et réellement praticables, on ne peut les appliquer qu'à de petites quantités de résidus; la grande masse restera toujours sans emploi, en raison du peu de valeur des produits qu'on en peut tirer. Ce qu'il y aurait de plus désirable, ce serait de trouver un procédé qui dispensât de produire ce résidu, ou une application qui permît de l'employer tel quel sans lui faire subir de transformation chimique. Au point de vue de cette dernière alternative, M. P. Ward (*Essay on artificial manures*, Birmingham, 1848) fait observer que le résidu des fabriques de soude, oxydé par l'exposition à l'air ou par la combustion spontanée, se convertit en engrais d'une certaine valeur. (*La suite prochainement.*) (M.)

SIDÉRURGIE.

SUR LA RÉSISTANCE DE L'ACIER RELATIVEMENT AUX DIFFÉRENTES PROPORTIONS DE CARBONE QU'IL CONTIENT, PAR M. T. EDWARD VICKERS, DE SHEFFIELD (6).

On sait que le fer forgé, l'acier et la fonte, dont l'industrie moderne fait un si large emploi, sont des combinaisons de fer et de carbone dans lesquelles ce dernier élément entre en plus ou moins grande proportion. Ainsi le fer forgé en contient de $1/8$ à $1/2$ p. 100, l'acier fondu de $3/8$ à 2 pour 100 et la fonte de 2,5 à 7 pour 100. En ce qui regarde l'acier, le rôle qu'y joue le carbone au point de vue de son influence sur la résistance du métal a soulevé tant d'opinions différentes, que l'auteur a entrepris sur cette question une série d'expériences, dont il se propose de communiquer ici les résultats ainsi que les conséquences qu'il a été permis d'en tirer.

Les échantillons d'aciers soumis aux essais ont été classés d'après la proportion de carbone qu'ils renfermaient. L'acier le plus doux ou le moins carburé, ne contenant que $1/3$ pour 100 de carbone, a été désigné sous le n° 2, tandis que l'acier le plus dur, c'est-à-dire le plus fortement carburé, contenant 1,25 pour 100 de carbone, l'a été sous le n° 20; entre ces deux termes extrêmes on a rangé tous les spécimens ayant des degrés de carburation intermédiaires. Les épreuves qu'on a fait subir au métal ont été de deux sortes : la première, relative à la résistance à la rupture par traction di-

(1) Townsend (J.) et Walker (J.), brevet 1647; 9 juillet 1860; *Rep. pat. inv.*, sept. 1861, 232.

(2) E. Kopp, *Bull. industr. de Mulhouse*, 1858, n° 143.

(3) Mond (L.), brevet du 13 août 1862.

(4) Favre (P. A.), brevet 1298; 7 juin 1855, *Rep. pat. inv.*, février 1856, 161.

(5) Spencer (T.), brevet 886; 9 avril 1859, *Rep. pat. inv.*, mars 1860, 53.

(6) Extrait d'un mémoire lu par l'auteur à l'Institution des ingénieurs-mécaniciens.

recte (*tensile strenght*), a consisté à soumettre directement des barreaux à un effort de traction agissant jusqu'à la rupture; pour la seconde, on a agi par effort transversal en soumettant des essieux d'acier à l'action d'un puissant mouton.

Résistance à la rupture par traction directe. — Les expériences de cette série ont été faites au moyen d'un simple appareil à leviers, dont le plus grand portant un plateau destiné à recevoir des poids avait une longueur de 220 pouces (5^m,58), tandis que le plus petit, auquel on attachait les barreaux d'acier, n'était que de 11 pouces (0^m,28); les deux leviers se trouvaient donc dans le rapport de 220 à 11, soit de 20 à 1, en sorte que chaque cwt (112 livres ou 50^k,78) ajouté dans le plateau du grand levier produisait un effort de $20 \times 112 = 1$ tonne.

Quant aux barreaux d'acier, ils avaient 21,50 pouces de long (0^m,55), dont 14 (0^m,355) avaient reçu au tour un diamètre uniforme de 1 pouce (0^m,025). Pour faciliter leur pose et leur démontage après rupture, on avait façonné leurs extrémités en forme de coin. L'extrémité inférieure était retenue par un socle fixe, portant une espèce de mortaise conique dans laquelle on engageait chaque barreau par une fente horizontale; on donnait alors un demi-tour au barreau et on insérait sa tête dans le trou en forme de coin d'un support relié au petit levier de l'appareil.

Les résultats auxquels l'auteur est arrivé sont relatés dans le tableau suivant, qui donne les efforts de rupture exprimés à la fois en tonnes par pouce carré et en kilogrammes par millimètre carré de section ainsi que l'allongement subi par les barreaux; cet allongement était mesuré après chaque addition de poids dans le plateau du grand levier, en sorte que les chiffres qui donnent l'extension totale de chaque barreau représentent les extensions partielles, totalisées jusqu'au moment où l'addition d'un dernier poids produisait la rupture. On verra, par l'examen de ce tableau, que la résistance de l'acier va en augmentant jusqu'à la teneur de 1,25 pour 100 de carbone, limite à laquelle il supporte un effort d'environ 69 tonnes par pouce carré (108^k,60 par millimètre carré). Au delà de ce degré de carburation, la résistance du métal décroît graduellement jusqu'à ce que sa composition se rapproche de celle de la fonte qui ne supporte plus qu'un effort de 6 à 6,50 tonnes par pouce carré (9 à 10 kilog. par millimètre carré).

Des expériences ont été faites également sur des barreaux d'acier qui n'étaient tournés que sur un point seulement, et on a trouvé que leur résistance à la rupture était supérieure à celle qu'ils offraient lorsqu'ils étaient, au contraire, tournés sur une grande partie de leur longueur; témoin un barreau tourné sur un point au diamètre de 0,75 pouce par exemple (0^m,0185) et qui ne s'est rompu que sous un effort de traction de 79,50 tonnes par pouce carré (125 kilog. par millim. carré), tandis qu'un autre barreau de même acier tourné au diamètre de 1 pouce (0^m,025) sur 14 pouces (0^m,355) de sa longueur n'a pu supporter qu'un effort de 60 tonnes (94^k,40 par millim. carré).

Résistance à la rupture par traction directe de plusieurs échantillons d'acier contenant différentes proportions de carbone.

NUMÉROS des aciers.	DEGRÉ approximatif de carburation pour 100 (*).	EFFORT DE RUPTURE par traction directe.		ALLONGEMENT.	
		En tonnes par pouce carré.	En kilogrammes par millim. carré.	En pouces.	En millimètres.
N° 2.	0,33	30,4	47 ⁸⁰	1,37	0 ^m ,034
4.	0,43	34,0	53,50	1,37	0 ,034
5.	0,48	37,5	59,00	1,25	0 ,031
6.	0,53	42,5	86,85	1,12	0 ,028
7.	0,58	41,5 (**)	65,30	0,81	0 ,020
8.	0,63	45,0	70,80	1,00	0 ,025
10.	0,74	45,5	71,60	0,69	0 ,017
12.	0,84	55,0	86,50	1,12	0 ,028
15.	1,00	60,0	94,40	1,00	0 ,025
20.	1,25	69,0	108,60	0,62	0 ,015

(*) Du n° 4 au n° 15 inclusivement, les proportions de carbone sont simplement approximatives.
(**) Il y avait un défaut dans cet échantillon, ce qui explique l'infériorité du chiffre par rapport au précédent malgré la proportion plus forte de carbone.

Résistance à la rupture par effort transversal. — Ainsi qu'on l'a dit plus haut, les expériences ont été faites ici sur des essieux en acier de carburation variable, qu'on a soumis au choc d'un puissant mouton agissant jusqu'à la rupture des pièces. Ces essieux avaient reçu, au tour, un diamètre de 3,94 pouces (0^m,0985) au centre et de 4,25 pouces (0^m,108) aux extrémités; ils étaient placés sur des supports distants de 3 pieds (0^m,914), et on les retournait de temps en temps lorsqu'ils étaient trop courbés par le choc. Le mouton pesait 1,547 livres (près de 700 kilog.); on le faisait tomber sur le centre de la pièce d'une hauteur initiale de 1 pied (0^m,30) et augmentant successivement à chaque coup jusqu'à celle de 36 pieds (10^m,95) à moins, évidemment, que la rupture n'ait lieu auparavant.

Dans un tableau dressé pour un essieu portant le n° 4 et dont l'acier contenait environ 4/10 pour 100 de carbone, on voit que cet essieu a résisté, avant de se rompre, à cinq coups du mouton tombant d'une hauteur de 36 pieds, quoiqu'il eût reçu auparavant douze autres coups d'une chute plus faible; la somme des flexions produites depuis le commencement de l'expérience jusqu'à la rupture a été de 56 pouces (1^m,420).

Un troisième tableau donne les résultats généraux de la série des expériences faites de la même manière avec des essieux des diverses qualités d'acier; on y trouve le nombre total des coups nécessaires pour produire la rupture de chacun d'eux, celui des coups de 36 pieds de chute supportés avant la rupture et la somme de toutes les

flexions. Trois essieux en fer forgé ont aussi été essayés de la même manière, l'un en fer forgé au paquet de qualité supérieure, et les deux autres en fer de riblons.

D'après ces expériences, il semblerait que pour résister à des chocs brusques et puissants, surtout si l'on ne se préoccupe pas de la question de rigidité, le métal le moins carburé conviendrait le mieux, pourvu qu'il fût pur et qu'il y eût une cohésion parfaite entre ses molécules. Ces conditions, cependant, ne peuvent exister au degré voulu dans le fer forgé ou dans l'acier puddlé; on ne peut les rencontrer que dans l'acier fondu, qui doit au moins contenir assez de carbone pour assurer sa fluidité pendant le traitement. L'opération de fusion de l'acier peut seule débarrasser efficacement le métal des impuretés qui étaient contenues dans le fer ayant servi à le fabriquer.

Il n'est rien de plus nuisible pour le fer comme pour l'acier que le surchauffage ou les chaudes trop nombreuses, et M. Vickers estime que toute soudure affecte toujours la qualité du métal d'une manière plus ou moins sensible. L'acier fondu a le grand avantage d'être moins exposé que tout autre métal en usage courant à devenir cristallin par suite des vibrations; il possède déjà une cristallisation naturelle, et le résultat de l'expérience de l'auteur est qu'il n'y a que le surchauffage qui puisse lui donner une texture moins résistante. De l'acier fondu et du fer suédois ont été soumis comparativement à une série de chocs, d'ébranlements et de vibrations, et l'on a trouvé que le premier résistait pendant longtemps sans changer de cristallisation, tandis que le second ne tardait pas à se rompre en affectant de grands changements dans sa forme cristalline.

Pour la plupart des applications mécaniques, le meilleur métal qu'on puisse mettre en œuvre est celui qui résiste également bien à un effort de traction assez intense ainsi qu'à un effort transversal; celui qui supportera un effort de 45 à 50 tonnes par pouce carré (70^k,80 à 78^k,70 par millim. carré) aura en général une résistance suffisante et qui se trouvera encore au-dessous de la limite où commence la fragilité résultant d'une trop grande rigidité. Tels sont, par exemple, les aciers des n^{os} 8 et 10 inscrits dans le tableau ci-dessous, et qui contiennent de 5/8 à 3/4 pour 100 de carbone; ce tableau, qui est le quatrième de ceux qu'a dressés M. Vickers, établit une comparaison entre le troisième et le premier que nous avons reproduit plus haut. Il existe, il est vrai, des circonstances où il est nécessaire d'employer des aciers doués d'une ductilité ou d'une rigidité spéciales; mais, dans le cas où cette dernière qualité est essentielle, on ne doit y avoir recours qu'autant que le métal n'aura pas à supporter des chocs brusques.

Résistance à la rupture par traction directe et par effort transversal de plusieurs échantillons d'acier contenant différentes proportions de carbone.

NUMÉROS des aciers.	DEGRÉ approximatif de carburation pour 100.	RÉSISTANCE A LA RUPTURE par effort transversal. Flèche totale de courbure.		RÉSISTANCE A LA RUPTURE par traction directe.	
		En pouces.	En mètres.	Effort en kilog. par millim. carré.	Allongement en millim.
N° 2.	0,33	58,81	1 ^m ,470	47 ^k ,80	0 ^m ,034
4.	0,43	56,00	1 ,400	53 ,50	0 ,034
5.	0,48	53,56	1 ,340	59 ,00	0 ,031
6.	0,53	35,06	0 ,876	66 ,85	0 ,028
7.	0,58	38,81	0 ,970	65 ,30	0 ,020
8.	0,63	46,00	1 ,150	70 ,80	0 ,025
10.	0,74	40,31	1 ,007	71 ,60	0 ,017
12.	0,84	8,56	0 ,214	86 ,50	0 ,028
15.	1,00	4,31	0 ,108	94 ,40	0 ,025
20.	1,25	6,94	0 ,173	108 ,60	0 ,015

La résistance supérieure de l'acier fondu ne saurait mieux se démontrer qu'en disant que des pièces moulées de cet acier et qui n'ont été soumises ni au martelage, ni au laminage, ni enfin à aucun effort de compression mécanique, offrent des qualités de force et de ténacité qui dépassent de bien loin celles de tout autre métal employé dans la pratique. On a tiré parti de cet avantage pour faire des cloches en acier fondu trois fois plus légères que celles en bronze de même diamètre, et malgré cette légèreté elles sont capables de supporter un effort de rupture double. Un autre caractère de cette supériorité de résistance des moulages en acier fondu, c'est que, pendant les fortes gelées, il résiste mieux aux chocs que les autres métaux; témoins des cloches en acier fondu qui ont pu être sonnées impunément, en Russie et au Canada, par des froids de plus de 20° Fahrenheit au-dessous de zéro (— 30° C.), tandis que des cloches en bronze, plus lourdes et plus épaisses de métal, ne pourraient l'être à une aussi basse température sans se fendre.

Ce sont ces mêmes propriétés qui ont permis de fabriquer, pour waggon et locomotives, des roues discoïdes en acier fondu avec bandage d'une seule pièce. Voici l'expérience qu'on a fait subir à l'une de ces roues. On l'a calée sur un essieu solidement fixé par ses extrémités sur des supports, et on l'a soumise au choc d'une masse du poids de 830 livres (376 kilog.), suspendue à une tige de fer de 24 pieds de longueur (7^m,30) et disposée de manière à tomber verticalement sur le bord extérieur du bandage. Après neuf coups consécutifs dont la hauteur de chute est allée en augmentant depuis 1 jusqu'à 14 pieds (de 0^m,30 à 4^m,265), l'essieu avait tellement ployé que le mouton ne pouvait plus atteindre la roue. On l'a alors redressé en frappant sur le côté opposé du bandage, et on l'a étayé pour l'empêcher de se courber de

nouveau; puis on a donné deux nouveaux coups d'une hauteur de 15 à 16 pieds (4^m,570 à 4^m,875) sans que la roue ait souffert en aucune manière.

De toutes ces expériences, M. Vickers conclut que l'acier fondu, qui a été jusqu'ici considéré par bien des gens comme une matière cassante et seulement propre à la fabrication des instruments tranchants, possède les meilleures qualités du fer forgé auquel il est supérieur sans en avoir les défauts, et peut recevoir toutes les applications mécaniques qui exigent un métal doué à la fois d'une ductilité, d'une ténacité et d'une résistance transversale très-grandes.

Quant au poids spécifique de l'acier considéré par rapport à la proportion de carbone qu'il contient, on sait qu'il est généralement fixé à 7,850, celui de l'eau étant pris pour unité, tandis que le poids spécifique du fer forgé est de 7,650, ce qui conduit à cette conclusion que l'addition du carbone au fer a pour effet d'augmenter la densité de ce métal. Cependant, bien que ce soit là une opinion généralement accréditée aujourd'hui, M. Vickers prétend avoir constaté le contraire, c'est-à-dire que, lorsque le fer est pur, sa densité décroît à mesure que la proportion de carbone auquel on le combine devient plus forte. Suivant lui, le chiffre de 7,650 doit donc avoir été fourni par quelque mauvais fer anglais du commerce, car un échantillon de cette qualité lui a donné le résultat de 7,644 qui en approche beaucoup, résultat qui ne peut être dû qu'à la présence des impuretés contenues dans le métal. La pesanteur spécifique du fer de Suède le plus pur et le plus doux est de 7,894; celle du fer qui a été employé à faire les aciers dont on s'est servi dans toutes les expériences ci-dessus était d'environ 7,860. Or, en consultant le dernier tableau du mémoire de M. Vickers, dans lequel sont inscrites toutes les densités des différents aciers essayés depuis le n° 2 qui contient 0,33 de carbone jusqu'au n° 20 qui en renferme 1,25 pour 100, densités déterminées sur des échantillons pesant toujours de 2,75 à 4,5 onces (77^{gr},90 à 127^{gr},50), on voit qu'à l'exception des n°s 2 et 4 les pesanteurs spécifiques de ces aciers sont restées inférieures à celle du fer; cette exception peut s'expliquer, peut-être, par cette supposition que le fer contenait quelque impureté qui aura disparu pendant la fusion.

A la suite des épreuves d'essieux, M. Vickers en a réuni les morceaux et il en a fait, au laminoir, des tôles de 5/16 de pouce (0^m,0078) d'épaisseur dont il a expérimenté l'élasticité. Ainsi l'acier le plus doux, celui qui porte le n° 2, et dont la résistance à la rupture par traction directe est représentée par 47^k,80 par millim. carré, s'est ployé parfaitement et a supporté un effort double sans s'altérer, tandis que l'acier n° 20, qui est le plus carburé et qui avait présenté une résistance de 108^k,60, s'est montré si cassant, qu'il s'est rompu en deux dès qu'il a été ployé à 45°.

Après la lecture de son mémoire, M. Vickers ayant répété que le fer dont il s'était servi dans ses essais pouvait être considéré comme aussi exempt que possible de carbone, un des membres de l'Institution, M. E. Riley, a exprimé des doutes à cet égard en disant qu'il croyait qu'une petite quantité de carbone était essentielle à la constitution du fer forgé, quantité sans laquelle il ne pourrait recevoir d'application. Des expériences

directes lui ont démontré que du fer forgé provenant des meilleurs minerais était *rouverin* et ne pouvait servir lorsque la réduction avait été faite avec une trop faible quantité de carbone, parce qu'on avait favorisé dans les crasses la production de l'oxyde de fer qui empêchait le carbone de s'unir au métal. Il a ajouté qu'on pouvait cependant remédier à ce défaut facilement par l'addition de 1 pour 100 de carbure de manganèse, qui non-seulement fournit au fer la proportion de carbone nécessaire pour l'empêcher d'être rouverin, mais encore le débarrasse d'une partie de ses impuretés.

(M.)

NOTICES INDUSTRIELLES

EXTRAITES DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Sur les moyens d'empêcher les incrustations dans les chaudières à vapeur, par M. E. Brescius, chimiste à l'usine d'affinage d'or, à Francfort-sur-le-Mein. (Extrait.) — L'eau dont on peut disposer à Francfort-sur-le-Mein, pour l'alimentation des chaudières à vapeur, contient, dit l'auteur, sur 1,000 parties, 0,28 de carbonate de chaux, des traces de carbonate de magnésie, et 0,02 de sulfate de chaux. Elle dépose en peu de temps une grande quantité de tartre de chaudière, qui, bien que composé en grande partie de carbonate de chaux et d'un peu de carbonate de magnésie, est si épais et si dur, que l'on est obligé de l'enlever au marteau. La forte portion de carbonate de chaux est aussi très-gênante pour le jeu de l'injecteur Giffard, employé à l'alimentation de la chaudière. En effet, l'eau, en s'échauffant dans cet appareil, perd une partie de son acide carbonique, et laisse déposer du carbonate de chaux mêlé d'un peu de magnésie, qui bouche les petites ouvertures ménagées pour l'entrée et la sortie de l'eau. Cet appareil, dans l'établissement, fournit environ 3,000 litres d'eau par jour à la chaudière, et cette quantité suffit pour l'obstruer en deux jours, au point de le mettre hors de service et d'obliger de le démonter. Ces inconvénients ont donc porté l'auteur à rechercher les moyens de purifier l'eau ; et, comme il y est parvenu d'une manière fort simple et fort économique, il a cru devoir publier son procédé, qui peut être utile aux établissements dont les eaux d'alimentation présenteraient une composition identique ou analogue.

Pour délivrer ces eaux du carbonate de chaux et du carbonate de magnésie, il suffit de dégager l'excès d'acide carbonique qui tient ces sels en solution. Si l'on a donc à sa disposition une source économique de chaleur, par exemple la vapeur perdue d'une chaudière, on peut l'employer à élever la température de l'eau d'alimentation, à chasser une partie de l'acide et à précipiter une quantité correspondante de sels terreux. C'est ainsi que M. Schmalz, constructeur de machines à Offenbach, prépare l'eau pour

ses chaudières. Mais l'auteur juge plus simple, et souvent plus praticable, de saturer l'excès d'acide carbonique par de la chaux ou même par de l'eau de chaux clarifiée.

Ce procédé revient, en quelque sorte, à appliquer en grand le moyen que M. Pettenkofer a proposé pour la détermination quantitative de l'acide carbonique, mais en y faisant quelques additions utiles dans la pratique.

Pour déterminer d'abord la quantité d'eau de chaux qui est nécessaire, il convient surtout, ce semble, de procéder comme il suit :

On emplit d'eau à essayer plusieurs verres à expériences, dont on a préalablement graissé le bord avec un peu de suif. La quantité d'eau sur laquelle on opère peut convenablement être de 50 centimètres cubes dans chaque verre. On verse, selon le rang, 1, 1 1/2, 2, 2 1/2, etc., centimètres cubes d'eau de chaux bien claire ; on agite avec un tube, et l'on pose sur chaque verre une plaque de glace qui doit s'appliquer exactement et intercepter le passage de l'air. Une demi-heure après, on prend avec un tube une goutte du liquide de chaque verre et on la met en contact avec du papier de curcuma. Toutes les gouttes qui s'entourent d'un anneau sur ce papier indiquent un petit excès d'eau de chaux, et l'on considère comme convenable la dose d'eau de chaux qui vient immédiatement après. En grand, il est, à la vérité, impossible d'atteindre autant de précision que dans le laboratoire. Or, comme un excès d'eau de chaux pourrait souvent nuire, on fait bien de se tenir quelque peu au-dessous de la quantité rigoureusement indiquée, et l'on n'obtient pas moins un avantage considérable. La personne chargée de la conduite du travail reconnaît, d'ailleurs, bientôt, par l'expérience pratique, la proportion exacte d'eau de chaux qu'il convient d'ajouter.

Les dispositions des appareils dépendent des quantités relatives à employer. Dans l'affinerie d'or de Francfort-sur-le-Mein, on se sert de plusieurs vases cylindriques en tôle de chaudière de 1^m,50 de hauteur et de 0^m,98 de diamètre, portant un robinet placé à 0^m,11 au-dessus du fond, et destiné à faire écouler, sans entraîner le dépôt, l'eau clarifiée par le repos. Il suffit de vingt-quatre heures pour la précipitation complète des sels insolubles dans ces réservoirs. Au-dessus des vaisseaux en fer se trouvent d'autres grands vases en bois, moins grands de moitié, dans lesquels un tuyau de plomb s'élève à 0^m,28 au-dessus du fond. Ce tuyau descend jusque dans le réservoir inférieur, où il est fermé par un robinet. L'extrémité la plus élevée du tuyau de plomb est assez recourbée pour que son ouverture regarde le fond du vase en bois, ce qui empêche la chaux de se déposer dans le tuyau. On place dans chacun de ces vases environ 15 kilogr. de chaux caustique hydratée, on remplit le vase d'eau ordinaire, on agite, et on laisse reposer pendant vingt-quatre heures, après lesquelles on retire l'eau de chaux clarifiée ; on la remplace aussitôt par d'autre eau que l'on a soin d'agiter. Avec 15 kilogr. de chaux, on peut poursuivre, pendant un certain temps, l'emploi de ce procédé ; et, lorsque l'on craint d'avoir épuisé toute la chaux soluble, on s'assure, avec le papier de curcuma, de l'alcalinité du liquide. Si ce papier ne se colore plus assez fortement, on retire du vase les dépôts inertes et on les remplace par de nouvelle chaux.

C'est d'après les données fournies par l'expérience en petit, que l'on introduit dans

le réservoir inférieur, jusqu'à une hauteur déterminée, l'eau ordinaire d'alimentation, et que l'on fait ensuite monter le liquide jusqu'à un autre niveau fixé, en y laissant couler par l'ouverture du robinet la quantité convenable d'eau de chaux. Comme l'a remarqué M. Pettenkofer, le carbonate de chaux reste encore soluble et exerce même une réaction alcaline quelque temps après sa formation. On observe aussi ces phénomènes dans les réservoirs, après y avoir introduit l'eau de chaux; mais, après avoir agité plusieurs fois pendant une demi-heure et avoir ensuite laissé reposer, on trouve que le liquide ne produit plus aucun effet sur le papier de curcuma. Il est utile de faire observer que, dans les réservoirs où il existe déjà du carbonate de chaux produit par les opérations antérieures, la réaction alcaline dont nous parlons disparaît beaucoup plus promptement, et souvent même presque aussitôt après la première agitation. On doit instruire de ces faits l'homme chargé du travail, afin qu'il se tienne sur ses gardes dans les essais qu'il fait avec le papier de curcuma. L'expérience nécessaire s'acquiert, au reste, très-promptement.

On peut reprocher à ce procédé de tomber en défaut, et même de pouvoir devenir nuisible lorsque la quantité d'acide carbonique contenue dans les eaux n'est pas constante. L'auteur n'a pas fait, à la vérité, des expériences suivies pour reconnaître si ce cas se présente souvent; mais il a observé que, depuis le commencement d'octobre 1861 jusqu'en mai 1862, c'est-à-dire pendant sept mois, la proportion de cet acide est restée constante dans les eaux qu'il emploie. Cependant il serait possible qu'elle variât en été. On peut, au reste, vérifier de temps en temps, par des expériences en petit, si l'on doit augmenter ou diminuer la quantité d'eau de chaux, et il est bon que les réservoirs ne soient pas entièrement pleins, afin que l'on puisse ajouter à cette quantité lorsqu'on le reconnaît utile.

Pour précipiter le sulfate de chaux, on a proposé, comme on le sait, le chlorure de baryum. Un autre sel soluble de baryte pourrait même servir dans le cas où le sulfate de chaux serait très-abondant. Mais il conviendrait probablement encore mieux de recourir au carbonate de baryte, qui décompose aussi le sulfate de chaux, à la vérité plus lentement; ce qui exigerait une agitation beaucoup plus soutenue. On obtiendrait ainsi du sulfate de baryte et du carbonate insoluble de chaux, sans chlorure de calcium, sel dont la solution peut devenir assez forte lorsque la chaudière n'a pas été vidée depuis longtemps. Or les chlorures métalliques exercent, en général, une action sur le fer, et une trop forte quantité de chlorure de baryum, outre qu'elle serait dispendieuse, pourrait nuire de cette manière. Un excès de carbonate de baryte ne pourrait, au contraire, produire aucun effet préjudiciable, puisque ce sel est insoluble; et, s'il s'accumulait dans la chaudière, il serait plus facile de l'extraire et de le remettre en état de servir que de recueillir dans les eaux l'excès de chlorure de baryum.

Dans le cas examiné, la proportion du sulfate de chaux est si faible, qu'il est plus simple et plus économique de ne pas décomposer ce sel, mais de retirer, de temps en temps, une certaine quantité d'eau de la chaudière pour la remplacer de manière à ne jamais la laisser s'en saturer. L'analyse des eaux dont on dispose permet de cal-

culer le temps qui doit s'écouler entre ces opérations, et ce temps est, d'ailleurs, déterminé par la quantité de vapeur que l'on produit quotidiennement.

Pendant six mois où l'on a traité par la solution de chaux l'eau d'alimentation, l'appareil de Giffard n'a pas dû être démonté une seule fois, et, lorsqu'on l'a ouvert après ce laps de temps, on n'y a observé que de légères traces d'incrustation. On a aussi visité en même temps la chaudière et les appareils pour le chauffage préalable de l'eau, et l'on n'y a trouvé qu'une quantité minime de tartre et d'une boue composée de carbonate de chaux, d'un peu de carbonate de magnésie, d'acide silicique et d'oxyde de fer, mais exempte de sulfate de chaux; en sorte qu'il a suffi d'un faible travail pour la nettoyer. (*Polytechnisches Centralblatt*, et *Dingler's Polytechnisches Journal*.)

Remarques sur la détermination de la température du vent chauffé pour les hauts fourneaux, par M. Schöffel. — Pour reconnaître la température du vent lancé dans un haut fourneau, on a coutume, dit l'auteur, de plonger dans une tubulure verticale ménagée auprès de la buse un thermomètre renfermé dans une enveloppe en laiton et muni, au niveau de son zéro, d'une rondelle horizontale, aussi en laiton, formant un appendice de l'enveloppe, et destinée à être posée sur la tubulure, en sorte que la partie inférieure du thermomètre descend d'environ 0^m,065 dans la tubulure lorsque l'on opère.

Si, après avoir mesuré la température de l'air chaud dans cette tubulure et lu le degré du thermomètre, on essaye de retirer l'instrument assez pour que la boule se trouve à la hauteur de l'ouverture de la tubulure, on observe aussitôt une ascension rapide de la colonne de mercure. La différence qui en résulte est de 30° à 40° centig., lorsque le vent est environ à 200° centig. sous une pression de 0^m,050 de mercure et que l'orifice de la tubulure porte 0^m,020 de diamètre. Si l'on enfonce de nouveau le thermomètre, on voit le mercure redescendre rapidement à la hauteur déjà observée.

Cette expérience intéressante, qui démontre que pendant la fuite du vent soumis à une pression il se développe une élévation de température, ne peut s'expliquer que par la contraction de la veine du fluide élastique, contraction qui élève la température de cette veine en dégagant du calorique. Cette interprétation du phénomène paraît d'autant plus certaine, que l'accroissement de la température augmente avec la compression du vent, parce que cette compression produit une plus forte contraction de la veine et, par suite, dégage une plus grande quantité de chaleur latente.

Le même effet devant se produire aussi à l'ouverture de la buse, il en résulte que le vent, à sa sortie, doit atteindre une température plus élevée que ne l'accuse la méthode de mesure ordinairement employée, et que l'on devrait faire une correction à la formule usitée. Toutefois l'importance de cette rectification n'intéresse pas autant les manufactures que les théories scientifiques, pour la précision desquelles il importe de tenir compte de toutes les circonstances, afin de parvenir à des résultats rigoureusement vrais ou du moins approchant le plus possible de la vérité. (*Oesterreichische Zeitschrift für Berg-und Hüttenwesen*, et *Dingler's Polytechnisches Journal*.)

Sur l'emploi du spath fluor pour la fusion de la fonte de fer, par M. Wernecke, chimiste à Halle sur Saale. — Des séries d'expériences exécutées depuis plusieurs années ont fait reconnaître aux métallurgistes-praticiens les inconvénients graves que présente, pour la conduite des hauts fourneaux et même des cubilots, l'emploi, comme fondant, de la chaux qui rend en quelque sorte les laitiers secs et courts.

Un autre désavantage capital de cet emploi consiste en ce que la fonte parvenue à l'état de fusion n'est pas maintenue assez liquide, et qu'il en résulte une perte notable de fer qui reste mécaniquement engagé ou enveloppé dans les laitiers.

Des expériences récentes et très-concluantes ont établi que les pertes dues à cette cause et à l'usage de la chaux sont au moins de 5 à 6 pour 100, y compris celles du fer qui subit la combustion; et il suffit, pour s'en assurer, de déterminer par l'analyse la quantité de ce métal restée dans les laitiers.

Lorsque l'on emploie une proportion convenable de spath fluor, on évite, au contraire, tous ces inconvénients, parce que :

1° Les laitiers, étant maintenus constamment assez fluides, n'enveloppent pas le fer et le laissent se précipiter. On peut, surtout au moment de la coulée, se délivrer des laitiers beaucoup plus facilement que quand on recourt aux autres fondants.

2° Le spath fluor empêche la production fâcheuse du graphite.

3° Les laitiers, lorsque l'on nettoie le creuset, se détachent plus facilement des parois qui sont beaucoup moins attaquées et se conservent incomparablement plus longtemps que quand on emploie la chaux pour fondant.

La proportion la plus convenable de spath est de 25 à 30 kilog. pour 50 quintaux métriques de fonte grise et de 20 kilog. environ pour 50 quintaux métriques de fonte miroitante. Des quantités plus fortes deviendraient nuisibles en attaquant les parois.

4° La fluidité des laitiers contribue naturellement à donner de la fonte plus pure, d'un plus beau grain, et des moulages plus nets et plus vifs.

Depuis un an ou dix-huit mois, plusieurs fonderies renommées emploient le spath fluor, notamment la fonderie royale de Berlin, la fonderie royale de Spandau pour les bouches à feu, et les fonderies de MM. Borsig, de Berlin, de la compagnie des bateaux à vapeur de Hambourg à Magdebourg, de M. Gruson, à Buckau, de MM. Jung et Must, de Halle sur Saale, enfin de MM. Götzer, Bergmann et comp., de Leipzig. Tous ces manufacturiers peuvent témoigner des avantages que présente dans les cubilots l'emploi de ce fondant.

Il faut cependant observer une condition importante, c'est que le spath soit réellement du fluorure de calcium sensiblement pur. Un mélange de ce fluorure et de spath pesant (sulfate de baryte), comme celui que la Thuringe livre depuis quelque temps au commerce, contribuerait plutôt à la détérioration de la fonte, parce que le sulfate de baryte, en se décomposant, céderait du soufre au fer et le rendrait cassant à froid.

Le spath fluor que l'on extrait des mines de Strassberg, près de Stollberg, dans le Hartz, est notamment du fluorure de calcium à peu près pur, et convient parfaitement pour l'usage dont il vient d'être question. (*Dingler's Polytechnisches Journal.*)

NÉCROLOGIE.

Nous avons le regret d'annoncer à MM. les membres de la Société la mort de M. Delacroix, décédé le 20 septembre 1863. M. Delacroix avait succédé à M. Guillard de Senainville dans les fonctions d'agent de la Société, qu'il remplissait avec zèle depuis l'année 1836.

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION.**PROCÈS-VERBAUX.**

Séance du 15 juillet 1863.

M. A. Chevallier, membre du comité des arts chimiques, occupe le fauteuil.

S. Exc. M. Behic, ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, fait connaître que deux bourses entières, réservées aux candidats de la Société d'encouragement, sont disponibles cette année, l'une à l'École impériale d'arts et métiers de Châlons, et l'autre à celle d'Angers. (Renvoi à la commission d'examen.)

M. Blanquart-Évrard, membre de la Société impériale des sciences et des arts de Lille, adresse un exemplaire du mémoire qu'il a publié dans le *Bulletin* de cette Société sur *l'intervention de l'art dans la photographie*. M. Blanquart-Évrard, qui a été, en 1848, lauréat de la Société d'encouragement, serait heureux que son mémoire fût l'objet d'un examen. (Renvoi à la commission des beaux-arts appliqués à l'industrie.)

M. Ed. Jame, chimiste à Balan (Ardennes), soumet à l'appréciation du Conseil les recherches auxquelles il s'est livré sur les moyens d'obtenir le meilleur pain aux différents points de vue hygiénique, alimentaire et économique. (Renvoi aux comités des arts chimiques et économiques.)

M. Clare Saint-Allais, à Caussade (Tarn-et-Garonne), sollicite l'examen d'un système de table pour les navires, destiné à éviter les effets du roulis. (Renvoi au comité des arts économiques.)

MM. Greffier et Paul Dyé, chimistes, avenue de la Motte-Piquet, 65, appellent l'attention de la Société sur un appareil à fabriquer les eaux gazeuses, satisfaisant, selon eux, à toutes les conditions désirables de solidité, de facilité de manœuvre et d'exiguïté de volume. (Renvoi au même comité.)

M. F. P. Lallement, instituteur primaire à Étremps (Marne), adresse la description d'un appareil scolaire perfectionné, destiné à servir d'appendice à toutes les méthodes de lecture, d'orthographe et de calcul. (Renvoi au même comité.)

M. le docteur C. B. Chardon, à Lyon, rue Ponteau, 20, présente une notice traitant de la locomotion de l'homme et des animaux, et de l'application de ce système aux roues de voitures. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. P. *Nezeraux*, à Cognac (Charente), envoie une notice sur son système de moulin à meule verticale. (Renvoi au même comité.)

M. *Callebaut*, fabricant de machines à coudre, membre de la Société, boulevard de Sébastopol, rive droite, adresse la lettre suivante :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

« La machine à coudre est aujourd'hui si répandue dans toutes les spécialités de la couture, qu'on peut affirmer qu'elle est définitivement acceptée et qu'il y a nécessité à ce qu'elle prenne rang dans le programme de l'éducation de la femme. C'est ce qu'a parfaitement compris la nouvelle école professionnelle des jeunes filles, en complétant cette éducation non-seulement par la pratique des travaux à l'aiguille, mais encore par l'exécution de toute espèce de travaux avec la machine à coudre.

« J'ai l'intention de fonder un prix annuel et spécial à cette école; il serait de 50 francs pour l'élève qui exécuterait l'ouvrage le plus parfait avec ma machine à coudre.

« Je serais très-heureux, Monsieur, si la Société d'encouragement voulait bien prendre sous son patronage l'exécution de cette fondation, auquel cas je constituerais immédiatement une inscription de rente 3 pour 100.

« J'ai l'honneur d'être, etc. »

M. *Barreswil*, membre du Conseil, rappelle, à cette occasion, que M. *Thimonier*, d'Amplepuis (Rhône), est l'inventeur de la première machine à coudre. (Renvoi de la lettre de M. *Callebaut* à l'examen du Bureau et de la commission des fonds.)

M. *Lotz* fils aîné, mécanicien-constructeur à Nantes, par l'intermédiaire de M. *Hervé Mangon*, membre du comité d'agriculture, présente ses appareils pour le labourage à vapeur, lesquels se composent d'un moteur automobile à vapeur, d'un treuil double fixé au moteur emportant le câble de traction, d'un chariot mobile portant une poulie de renvoi, et d'une charrue bisoc double équilibrée.

M. *Mangon* montre des épreuves photographiques des appareils de M. *Lotz*, au sujet desquels il entre dans quelques explications. (Renvoi au comité d'agriculture.)

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom des comités des arts économiques et mécaniques auxquels s'est réunie la commission des beaux-arts appliqués à l'industrie, M. *Lissajous* lit un rapport sur les travaux de reconstruction du grand orgue de Saint-Sulpice, entrepris par M. A. *Cavaillé-Coll*. (Insertion au *Bulletin* avec dessins.)

Au nom des comités des arts mécaniques et économiques, M. *Tresca*, tant en son nom qu'en celui de M. *Silbermann*, donne lecture d'un rapport sur l'appareil fumivore de M. *Thierry* fils. (Insertion au *Bulletin* avec dessin.)

Au nom de la commission des beaux-arts appliqués à l'industrie, M. *Albert Barre* lit un rapport sur les procédés de gravure en relief et en taille-douce de M. *Dulos*. (Insertion au *Bulletin* avec spécimens de dessins gravés par les procédés de M. *Dulos*.)

COMMUNICATIONS. — M. *Tresca*, au nom de M. *Sorel*, ingénieur civil, décrit les différents moyens proposés par cet inventeur pour économiser le combustible dans les machines à vapeur, et notamment dans les appareils servant à surchauffer ou dessécher la vapeur. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

Séance du 29 juillet 1863.

M. A. Chevallier, membre du comité des arts chimiques, occupe le fauteuil.

S. Exc. M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics adresse deux exemplaires du 44^e volume des *Brevets d'invention*. (Loi de 1844.)

M. Alexandre Vattemare, directeur-fondateur du système d'échanges international scientifique, littéraire et agricole, à Paris, au nom de M. le directeur du bureau des patentes des États-Unis d'Amérique, transmet le rapport de ce fonctionnaire au congrès sur l'état et les progrès de l'agriculture et de l'industrie dans les États de l'Union pendant les années 1860 et 1861.

M. Vattemare fait observer que les préoccupations de la guerre civile ne semblent pas avoir arrêté le génie inventif des industriels, si l'on en juge par le nombre de demandes de brevets qui, en 1861, a été de 7,658.

M. Alfred Breuzin, ferblantier-lampiste, à Paris, présente un appareil servant à déterminer la quantité d'alcool contenue dans une liqueur, appareil inventé par M. Duvivier, propriétaire-distillateur à la Texanderie (Charente). (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. Villière, à Vire (Calvados), sollicite l'examen d'un hydromètre ou appareil jaugeur, qui indique sur un cadran les quantités de liquide écoulées d'un récipient quelconque. (Renvoi au même comité.)

M. François Degraev, tourneur à Lyon, dépose les dessins et description d'un robinet compteur à eau, pour lequel il a pris un brevet. (Renvoi au même comité.)

M. Victor Michal, à Paris, au nom de l'inventeur M. Giroud, dépose la description d'un régulateur télégraphique à l'usage des usines et des consommateurs de gaz d'éclairage. (Renvoi au même comité.)

M. Clamageron, de Lamberthie (Gironde), soumet à l'appréciation de la Société une charrue-bêcheuse. (Renvoi au comité d'agriculture.)

M. Barral, membre du Conseil, fait hommage :

1^o D'un exemplaire du rapport qu'il a fait, au nom d'une commission spéciale, lors du concours général et national d'agriculture de 1860; ce rapport, quoique de date déjà éloignée, pourra être utilement consulté pour l'histoire des progrès de la science agricole ;

2^o D'un ouvrage qu'il vient de publier sous le titre de *le Blé et le Pain; liberté de la boulangerie*. L'auteur indique que cet ouvrage renferme non-seulement un résumé de tous les travaux qui ont été faits sur le blé, la farine, le son, le pain, mais encore un grand nombre de recherches qui lui sont propres.

M. le chevalier de Schwarz, directeur de la chancellerie du consulat d'Autriche à Paris, informe la Société qu'il a reçu de M. Gombert, de Pesth (Hongrie), un échantillon d'une fibre textile que ce pays produit en quantité, et que l'on juge propre à être substituée en partie au coton. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du comité des arts mécaniques, M. Benoît donne lecture des deux rapports suivants :

1° Rapport sur une disposition particulière de la règle à calcul ou échelle logarithmique, imaginée par M. *Péraux*, à Nancy. (Voir plus haut, page 513.)

2° Rapport sur les traités des moteurs hydrauliques et des moteurs à vapeur de M. *Armengaud* aîné. (Voir plus haut, page 525.)

Au nom du comité des arts chimiques, M. *Barreswil* donne lecture d'un rapport sur la fabrication de nouveaux produits industriels, principes colorés et extraits de la garance d'Alsace, selon le procédé de M. *E. Kopp*, par MM. *Schaffer* et *Lauth*, manufacturiers. (Insertion au *Bulletin*.)

Au nom du comité des arts économiques, M. *Duchesne* lit un rapport sur de nouvelles applications des procédés de moulage de M. *Stahl*. (Insertion au *Bulletin*.)

Au nom du même comité, M. *Silbermann* lit un rapport sur les dispositions d'équilibrage des balances de précision, imaginées par M. *Hempel*. (Insertion au *Bulletin* avec croquis.)

Au nom du même comité auquel il était adjoint, M. *Jacquelain*, du comité des arts chimiques, donne lecture d'un rapport sur l'appareil pour bains de vapeur imaginé par M. *Laurent*, à Romanèche (Saône-et-Loire). (Insertion au *Bulletin* avec dessin.)

COMMUNICATIONS. — M. *Risbourg*, à Paris, expose qu'il est inventeur d'un nouvel outil qu'il appelle *timbre à révolution*, lequel permet d'obtenir sans temps d'arrêt un nombre considérable d'épreuves; il demande à la Société de le mettre à même de prendre un brevet d'invention.

M. *Benoît*, membre du Conseil, entretient la Société d'une règle à calcul spéciale, destinée aux ingénieurs et combinée par M. *de la Morinière*, ancien ingénieur de la marine de l'État. (Cette communication sera insérée au *Bulletin*.)

NOMINATION DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — 1° M. *Roche*, ingénieur-mécanicien;

2° M. *Bouis*, professeur à l'École de pharmacie;

3° M. *Clare Saint-Allais*, ancien imprimeur.

Le Conseil se forme en comité secret.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

La Société d'encouragement a reçu, dans les séances des 29 juillet et 12 août 1863, les ouvrages dont les titres suivent :

Ouvrages offerts.

ANNALES du commerce extérieur. Juin 1863.

ANNALES de l'agriculture française. Nos 1, 2, t. XXII.

BULLETIN de la Société de Mulhouse. Juin 1863.

BULLETIN du musée de l'industrie. Mai, juin 1863.

BULLETIN des séances de la Société impériale et centrale d'agriculture. N° 8.

BULLETIN de l'Union des arts de Marseille. N° 1.

BULLETIN mensuel de la Société protectrice des animaux. Juin 1863.

BULLETIN de la Société française de photographie. Juin 1863.

BULLETIN de la Société de l'industrie minérale. Octobre, novembre, décembre 1863. 11^e livr.

- Bulletin du laboratoire de chimie de M. CH. MENE. Juillet 1863.
 BULLETIN de l'industrie. N° 22.
 COSMOS, revue encyclopédique. Livr. 3 à 6.
 Culture (la), par M. SANSON. N°s 2, 3.
 CULTIVATEUR de la Champagne (le). Juin, juillet 1863.
 CATALOGUE des brevets d'invention. N° 12.
 Génie industriel (le), par MM. ARMENGAUD frères. Août 1863.
 Invention (l'), par M. DESNOS-GARDISSAL. Juillet 1863.
 Journal d'agriculture pratique, par M. BARRAL. N°s 14, 15.
 JOURNAL des fabricants de sucre. N°s 15, 16, 17.
 JOURNAL des inventeurs. Juillet, août 1863.
 JOURNAL des fabricants de papier. N°s 14, 15.
 JOURNAL de l'éclairage au gaz. N°s 8, 9.
 JOURNAL d'éducation populaire. Juillet 1863.
 LUMIÈRE (la). N° 12.
 Mondes (les), par M. l'abbé MOIGNO. Livr. 23 à 25 du t. I et 1^{re} livr. du t. II.
 MÉMOIRES et compte rendu des travaux de la Société des ingénieurs civils. Janvier, février, mars 1863.
 Publication industrielle des machines, outils et appareils, par M. ARMENGAUD aîné. Livr. 1, t. XIV.
 PRESSE scientifique des deux Mondes (la). N° 14.
 PROPRIÉTÉ industrielle (la). N°s 290 à 293.
 REVUE agricole, industrielle, etc., de Valenciennes. Juin 1863.
 SOCIÉTÉ des ingénieurs civils. Séance du 17 juillet 1863.
 Technologiste (le), par MM. MALEPEYRE et VASSEROT. Août 1863.
 IL NUOVO CIMENTO. Décembre 1862. Publié le 9 juillet 1863.
 JOURNAL of the Franklin Institute. Juillet 1863.
 JOURNAL of the Society of arts. N°s 556 à 559.
 NEWTON'S London Journal. Août 1863.
 REVISTA de obras publicas. N° 15.
 ZEITSCHRIFT des Vesterreichischen. Ingénieur. Vereines. Cah. 3.
 Concours général d'agriculture de 1860. — Rapports sur les instruments et appareils agricoles, par M. BARRAL. Br.
 Le Blé et le Pain, liberté de la boulangerie, par M. BARRAL. 1 vol. in-12. Librairie agricole de la Maison rustique.
 Matériaux de construction, par M. DELESSE. Exposition universelle de 1863. Br.
 ORCHESTRINO CLÉMENT. Solution du problème des sons continus sur le piano. Br.

Abonnements.

- ANNALES du Conservatoire. Juillet 1863.
 ANNALES de chimie et de physique. Juillet 1863.
 COMPTES RENDUS hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. N°s 3 à 6. 2^e semestre 1863.
 TEINTURIER universel (le). N° 8.
 ENGINEER (the). N°s 392, 393.

ERRATUM.

Bulletin de juillet 1863. Page 419, ligne 12 en remontant, au lieu de *pour vérifier* ces produits..., lisez *pour vitrifier*.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

ARTS MÉCANIQUES.

*RAPPORT fait par M. TRESCA, au nom du comité des arts mécaniques, sur
L'APPAREIL dit BAROTROPE, présenté par M. SALICIS, lieutenant de vaisseau,
répétiteur à l'École polytechnique.*

Un grand nombre de tentatives ont été faites pour employer le poids de l'homme au développement d'une certaine quantité de travail moteur, et l'application qui en a été faite dans les anciennes roues à marche a été considérée jusqu'alors comme la plus avantageuse. L'homme est alors placé comme un écureuil dans cette roue, ou bien il se tient en dehors de sa paroi cylindrique, en s'aidant de ses mains. Dans l'un et l'autre cas, il effectue le mouvement convenable pour monter de chaque marche à la suivante, mais il s'abaisse aussitôt avec celle-ci pour recommencer incessamment.

L'allure de cette marche singulière est lente, et l'appareil que nous venons de décrire n'a jamais été employé que pour des circonstances dans lesquelles la résistance à vaincre se déplace lentement. Il en est tout autrement lorsque le poids moteur est celui d'un chien, qui court, comme l'écureuil, dans son tambour, et qui est encore employé, dans les campagnes, pour souffler la forge du cloutier ou pour d'autres travaux analogues.

On a un autre exemple de l'utilisation du poids de l'homme dans les souffleries et pédales dont certaines orgues sont munies; le manœuvre se balance de l'une à l'autre pour utiliser autant que possible ce poids.

Dans le fonctionnement de la pédale du remouleur, le poids de la jambe et une partie de celui de la cuisse interviennent dans l'effet total, mais le point d'appui étant pris, par l'autre pied, sur le sol, l'homme développe, en outre, un effet musculaire qui entre pour une grande part dans le résultat.

Par l'intermédiaire de la tringle de la pédale, le travail développé est transmis avec simplicité à l'arbre horizontal de rotation qui porte la meule, et l'on obtient ainsi, en n'employant qu'un petit nombre d'organes, une vitesse plus appropriée à l'opération particulière que l'on a en vue.

Tout en reposant solidement sur le sol par un de ses pieds et en développant par l'autre le travail moteur nécessaire, l'homme est naturellement placé de manière à utiliser ses deux mains à un ouvrage quelconque, pourvu qu'il puisse le faire sans les déplacer beaucoup; les ouvrages de tour sont, pour ainsi dire, le type de ceux qui peuvent être exécutés dans ces conditions, et M. Salicis a cherché si, pour d'autres opérations moins délicates, il n'était pas possible de mieux utiliser le travail moteur que l'homme peut fournir, pour l'élévation de son poids, tout en lui permettant encore une liberté de mains assez grande.

C'est ce qu'il a fait avec son barotrope, qui n'est, à proprement parler, qu'une double pédale, composée de deux marchepieds indépendants, sur chacun desquels l'ouvrier repose par un de ses pieds; en imitant à peu près la marche sur cet appareil, l'une des pédales s'abaisse pendant que l'autre remonte, et ce double mouvement est utilisé, comme dans la pédale ordinaire, à faire tourner un seul arbre à manivelle, dont le mouvement est transmis ensuite aux organes particuliers de chaque machine spéciale, que le barotrope doit faire fonctionner.

En voyant tourner l'appareil, il est facile de reconnaître que les grands déplacements sont limités aux parties inférieures du corps; le torse ne se déplace pas de plus de 5 centimètres, lorsque les deux pieds successivement se déplacent de 0^m,20, et, dans ce système, la fatigue est particulièrement supportée par les muscles de la cuisse, dont les articulations sont constamment en travail, soit pour relever le membre inférieur, soit au contraire pour le laisser retomber à sa position verticale.

Il n'est pas cependant nécessaire de s'être beaucoup exercé pour faire fonctionner l'appareil; une fois qu'il est lancé à sa vitesse normale, il suffit d'imiter, en restant en place, le même mouvement que celui qu'il faudrait faire pour monter à l'échelle, à raison de soixante échelons par minute. Les coudes peuvent être appuyés sur une table pendant cet exercice; les mains restent alors en repos, ou l'ouvrier peut les mouvoir de la quantité nécessaire pour diriger ses petites manœuvres; il peut même, s'il est habile, se tenir entière-

ment sur les deux pédales, sans cesser de les faire fonctionner et se servir alors de ses deux mains pour aller chercher les matériaux à mettre en œuvre. S'il s'agit, par exemple, de scier du bois, il pourra faire avancer les pièces, les mettre en prise avec la scie, exercer même sur cette dernière l'effort nécessaire pour que l'opération se fasse bien, et c'est dans cette application spéciale que nous avons pu suivre le fonctionnement du barotrope de M. Salicis.

Avant d'étudier son action par des chiffres, il nous paraît nécessaire de bien définir le but que son auteur s'est proposé.

Dans la plupart des opérations qui demandent quelque précision, le travail de l'ouvrier est exclusivement limité à celui de ses mains, et il paraît évident que le graveur, le peintre et le sculpteur seraient bien peu sûrs d'eux-mêmes s'ils devaient, en même temps, prêter une partie de leur attention à l'exécution de certaines opérations mécaniques ; cette condition est la même pour le bijoutier et pour tous ceux qui ont à exécuter des pièces délicates ; ils se trouveraient, s'ils étaient obligés de faire des mouvements avec les parties inférieures du corps, dans une position analogue à celui qui voudrait écrire en marchant ou en se balançant sur une chaise.

Dans le travail des métaux, le tourneur n'arrive à toute sa délicatesse qu'en se servant du tour à l'archet, qu'il fait fonctionner avec l'une de ses mains, pendant qu'il manœuvre son outil de l'autre, et il n'emploie la pédale que pour des travaux d'un autre ordre, dans lesquels cette excessive précision n'est pas aussi nécessaire. Encore est-il limité dans le travail mécanique qu'il peut ainsi développer, et, pour peu que les pièces soient un peu fortes, il lui faut recourir à l'aide d'un tourneur de roue, qui lui permet de ne plus s'occuper qu'à diriger son outil de la manière la plus appropriée à l'objet qu'il doit produire.

Entre les deux extrêmes de délicatesse et de force pour lesquelles on ne peut lui demander à la fois de travailler des pieds et des mains, il y a donc des conditions intermédiaires qui rendent cette double intervention avantageuse.

Le potier de terre est exactement dans les mêmes conditions.

Le tisserand passe sa navette à la main, mais dans un grand nombre de circonstances il opère, au moyen du pied, les déplacements de la chaîne, qui doivent précéder le lancé du fil de trame.

Nous pourrions multiplier ces exemples et nous reconnâtrions facilement que des solutions de même nature interviennent dans un grand nombre d'industries, et que certaines opérations plus grossières se prêtent seules à

l'action simultanée de plusieurs efforts musculaires émanant d'organes différents.

Quoique l'homme soit né pour le travail, il est permis de se demander si le progrès à réaliser dans l'emploi de ses facultés diverses doit consister, même accidentellement, à exiger de lui qu'il travaille à la fois de son intelligence et de tous ses membres, dans une gymnastique sans repos dont les mouvements rapides inquiètent l'observateur plus encore, peut-être, que le patient.

L'expérience a, dit-on, démontré qu'en cherchant à s'élever sur une roue à marche qui descend sans cesse, qu'en remontant à vide pour agir ensuite par son poids, on obtient de lui la somme de travail mécanique la plus grande. Sans accepter pour bien complète la démonstration de ce fait, que l'on admet assez généralement, nous comprenons qu'incapable de mieux faire un manœuvre se décide, par nécessité, à gagner sa vie dans ce déplacement intelligent de toute sa personne, mais, pour peu qu'il possède quelque habitude manuelle, nous avons peine à croire qu'il consente, si ce n'est exceptionnellement, à la compromettre dans la nécessité de l'assouplir à des conditions nouvelles plus instables et plus fatigantes.

Ces considérations nous conduisent à penser que le barotrope doit être apprécié en lui-même, et indépendamment de la faculté qu'il donne de faire travailler les bras à quelque opération professionnelle. A ce point de vue, nous avons dû rechercher si l'homme fonctionnant au barotrope pouvait développer une plus grande quantité de travail que celui qui tourne une manivelle, et nous avons eu recours, pour effectuer cette comparaison, au seul mode d'observation qu'il fût possible d'employer, à des mesures faites avec le frein de Prony.

Le premier manœuvre venu n'aurait su tirer du barotrope le parti convenable; l'ouvrier dressé par M. Salicis pouvait seul nous donner un chiffre certain, et, il faut le reconnaître, il a fait, pour que l'effet utile soit le plus grand possible, preuve complète d'agilité et de persévérance; on reconnaissait en lui le collaborateur enthousiaste, incapable de se ménager lui-même, avant que l'honneur du drapeau ne fût mis tout à fait hors de cause.

Le 27 novembre 1861, M. Ply a fait tourner l'arbre du barotrope sans aucune interruption pendant cinq heures; on a mesuré, au moyen d'un frein de Prony, le travail qu'il a développé pendant toute cette période, et l'on a trouvé que l'arbre des pédales faisait 64,53 tours par minute; le travail développé par seconde n'a pas été moindre que 11,35 kilogrammètres.

Le surlendemain on a supprimé l'action des pédales et on a fait agir un

tourneur de roue sur une manivelle montée sur le même arbre, muni d'un compteur de tour et du même frein que précédemment. Au bout de cinq heures de travail non interrompu, l'homme était épuisé; il n'avait produit que 46,90 tours par minute et n'avait développé que 8,77 kilogrammètres par seconde.

Le travail a donc diminué dans le rapport de 1,20 à 1,00, et s'il était permis de supposer que les deux hommes fussent de même force et qu'ils eussent apporté respectivement le même zèle dans leurs opérations, il faudrait conclure de cette expérience que le barotrope permet le développement d'une quantité de travail plus grande de 20 pour 100 que celle réalisée à la manivelle.

En fait, M. Ply était moins fatigué que le tourneur, son poulx était moins vif que celui de ce dernier à la fin de l'expérience, son linge était un peu moins trempé de sueur, et toutes ces circonstances sont encore favorables au barotrope; mais, d'un autre côté, il faut reconnaître que le tourneur de roue était peut-être moins vif, qu'il était moins habitué à un travail continu, et que, quoique vigoureux encore, il avait plus de cinquante-cinq ans. M. Ply, au contraire, est alerte, jeune, et il se démenait sur ses deux pédales presque autant qu'un écureuil dans sa cage, à cela près qu'il se tenait droit et que ses mouvements étaient d'une excessive régularité.

Le lendemain, le frein a été réglé de manière que le tourneur de roue fût obligé de développer à peu près 11 kilogrammètres par seconde. Au bout d'une heure, la fatigue de l'ouvrier ne lui a pas permis de continuer, bien qu'il n'eût en réalité produit que 10,72 kilogrammètres par seconde.

Enfin, pour connaître, avec quelque approximation, le travail dépensé dans les conditions ordinaires, on a laissé au tourneur de roue le choix de son effort et de ses moments de repos. En trois heures cinquante-sept minutes, il n'a travaillé réellement que deux heures cinquante-sept minutes, et le travail moyen par seconde s'est abaissé à 7 kilogrammètres.

De ces indications il semble résulter que certaines organisations peuvent s'accoutumer à la manœuvre du barotrope, et développer sur cet appareil une quantité de travail plus considérable que celle habituellement fournie par un tourneur de roue de force moyenne, et sans plus de fatigue. M. Ply, quoique d'apparence délicate, pesant 62 kilogrammes, peut être aussi considéré, au point de vue du barotrope, comme un homme de force moyenne, *peu corpulent et très-nerveux*.

Dans l'expérience principale du 27 novembre, le nombre total des tours de l'arbre de frein s'est élevé à 58080, ce qui correspond à 64,53 de l'arbre des pédales par minute, ou enfin à 1,08 tour par seconde.

Pour savoir dans quelle proportion le poids de l'homme est utilisé dans ce travail, il suffira d'écrire la relation

$$P \times 1.08 \times 0.20 = 11.35$$

ce qui donne

$$P = \frac{11.35}{1.08 \times 0.20} = 52 \text{ kilogrammes.}$$

Cette évaluation ne tient pas compte des frottements, et elle indique cependant que l'homme est obligé de relever, à chaque tour, un poids de 52 kilogrammes ou, à chaque coup de pédale, un poids de 26 kilogrammes seulement; on peut conclure de ces chiffres que l'on est, dans ces conditions, bien près du maximum à tirer de la force musculaire de l'homme.

Antérieurement à ces expériences, M. Salicis avait fait fonctionner, dans les ateliers de menuiserie de M. Blanchet fils, l'un des plus importants facteurs de pianos, une scie à ruban, mue par l'intermédiaire du barotrope, en concurrence avec des scieurs employant, à la main, la scie allemande à re-fendre. M. Blanchet a résumé les résultats fournis dans ces essais comparatifs, en disant que la scierie à pédales de M. Salicis permettait de faire avec deux hommes, M. Ply et un aide quelconque, le même ouvrage que trois ouvriers. Ces chiffres sont d'accord avec ceux que nous avons reconnus nous-mêmes dans ces expériences, mais il importe de remarquer qu'ici la question en est plus complexe, en ce qu'elle implique, dans le chiffre final, l'influence de la scie à ruban, comparée à la scie alternative, avec leurs avantages et leurs inconvénients respectifs. Malgré l'intervention inévitable de ces conditions accessoires, nous avons fait, à la demande de M. Salicis, des expériences de même nature sur le sciage d'une certaine quantité de bois à brûler, provenant d'une même fourniture. Deux lots de 12 stères et demi chacun ayant été distribués, M. Ply a scié, à la scie à ruban, pendant que deux scieurs exercés opéraient à la manière ordinaire.

On verra, par les chiffres du tableau ci-annexé, que ces deux hommes ont scié leur lot, à deux traits, en treize heures vingt-neuf minutes de travail effectif, ce qui revient à 0,93 stère par homme et par heure. M. Ply a terminé le sien en douze heures quatre minutes, débitant ainsi 1.04 stère par chaque heure de travail effectif. Le bois était mieux scié, de longueur plus égale, et l'on reconnut, au travail, que ce lot contenait une proportion plus grande de grosses bûches que le premier.

Dans une autre expérience faite sur 10 stères, les scieurs ont débité par heure 1.41 stère, M. Ply seulement 1.20; mais, après avoir été mis en retard par l'affûtage de sa scie, il a été retardé encore par la pluie. On peut donc

admettre que le barotrope n'a présenté, pour ce genre de travail, aucun avantage sur le sciage à bras.

Il en est tout autrement pour l'opération moins grossière pour laquelle M. Ply a organisé aux Batignolles un petit atelier spécial. Il a entrepris divers travaux de découpage qu'il effectue, avec un aide, sur un barotrope à deux doubles pédales conduisant une scie sans fin.

Il scie très-facilement, de cette manière, des planches de 0^m,027 d'épaisseur, et l'exécution des pièces les plus contournées est aussi bien faite qu'avec un ouvrier ordinaire, travaillant uniquement au découpage.

Il résulte de cette dernière observation que le barotrope de M. Salicis peut, dans certaines circonstances, être employé avec avantage, en permettant à un seul ouvrier de se servir momentanément de son poids, pour mettre en mouvement son outil, et de ses mains, pour diriger son travail. Une scie de cette espèce serait certainement utile dans un atelier qui n'aurait pas de moteur à sa disposition ; mais nous n'oserions, quant à présent, recommander cette pratique, pour un travail continu, avant que l'expérience ait prononcé sur la question de savoir si beaucoup d'ouvriers deviendraient facilement aussi agiles et aussi bien disposés que le collaborateur de M. Salicis. Nous apprenons toutefois que, depuis plusieurs mois déjà, M. Salicis a installé à Saint-Ouen un atelier de mécanicien dans lequel tous les outils sont mis en mouvement par le barotrope, et que l'un des tours de cet atelier est journellement entretenu en mouvement par un enfant de treize ans. Une quinzaine d'ouvriers déjà ont été habitués à ce mode de travail, qu'ils supportent facilement, sans en être en aucune façon rebutés.

En pareille matière il faut prendre garde aux illusions, et, lorsqu'il s'agit d'étudier un moteur qui s'adresse surtout aux petites bourses et qui ne prétend à rien moins qu'à supplanter la manivelle à bras, nous avons dû nous borner à citer les faits, encore très-peu nombreux, sans vouloir en tirer d'autre conséquence générale que celle-ci : l'appareil barotrope de M. Salicis mérite d'être étudié dans les diverses applications où l'on voudrait obtenir seulement la rotation d'un arbre moteur au moyen du poids de l'homme, ou même utiliser en partie le travail manuel de l'ouvrier servant de moteur ; une expertise prolongée pourra seule faire connaître les cas dans lesquels cet appareil pourra être employé avec avantage (1).

(1) Voici cependant quelques détails qui nous parviennent sur l'application du barotrope dans les forêts de chênes-liège de l'Algérie. Ces forêts renferment beaucoup de bruyères arborescentes, dont les racines sont employées à la fabrication des pipes. Après avoir débité ces racines en plateaux d'épaisseur convenable, on y trace le profil de l'ébauche, qui devra être livrée à l'ouvrier

Tels sont, Messieurs, tous les faits qui nous sont connus, et votre comité des arts mécaniques, en les portant à votre connaissance, vous propose de remercier M. Salicis de sa communication et d'insérer dans votre *Bulletin*, avec le présent rapport et la figure de l'appareil, le tableau détaillé des différentes séries d'expériences auxquelles le barotrope a été soumis par votre rapporteur.

Signé H. TRESCA, rapporteur.

Approuvé en séance, le 11 mars 1863.

TABLEAU DES EXPÉRIENCES FAITES AU CONSERVATOIRE IMPÉRIAL DES ARTS ET MÉTIERS
SUR LE BAROTROPE DE M. SALICIS.

1^{re} Expérience. — 27 novembre 1861. — Fonctionnement du barotrope, avec frein de Prony.

Durée de l'expérience, sans interruption.	5 heures.
Bras de levier du frein.	0 ^m , 7
Charge du frein.	0 ^k , 80
Nombre de tours de l'arbre pendant l'expérience. . . .	58,080
Nombre de tours de l'arbre du frein par minute. . . .	193. 6
Travail en kilogrammètres par seconde.	11.35
Nombre de tours de l'arbre des pédales par minute. .	64.53
Poids de l'homme manœuvrant sur les pédales. . . .	62 ^k , 00

La vitesse est restée très-régulière pendant toute la durée de l'expérience.

2^e Expérience. — 29 novembre 1861. — Mesure du travail développé à la manivelle.

Durée de l'expérience, sans interruption.	5 heures.
Bras de levier du frein.	0 ^m , 70
Charge du frein.	0 ^k , 85
Nombre de tours de l'arbre du frein pendant l'expérience. .	42,210
Nombre de tours de l'arbre du frein par minute.	14,070
Travail en kilogrammètres par seconde.	8.77
Nombre de tours de la manivelle par minute.	46. 9

chargé de la confection des pipes. Chaque scieur produit par jour trois cents *ébauchons* environ par les moyens ordinaires; avec le barotrope, un jeune homme encore peu familiarisé avec ce genre de travail en fait sept cents en moyenne; un autre, qui promet beaucoup, n'est encore arrivé qu'à cinq cents.

D'un autre côté, M. Salicis a proposé son appareil pour la manœuvre des pompes de bord, et nous pourrons vous faire connaître les résultats des expériences comparatives qui vont être faites sur cette application au Conservatoire des arts et métiers, à la demande de M. le Ministre de la marine.

3° Expérience. — 30 novembre 1863. — Mesure du travail développé à la manivelle.

Durée de l'expérience, sans interruption.	1 heure.
Bras de levier du frein.	0 ^m ,70
Charge du frein.	1 ^k ,10
Nombre de tours de l'arbre du frein pendant l'expérience. .	7,981
Nombre de tours de l'arbre du frein par minute.	133
Travail en kilogrammètres par seconde.	10.72
Nombre de tours de la manivelle par minute.	44.33

Les pédales étaient supprimées ; la manivelle était montée sur le même arbre que les bielles des pédales dans l'expérience précédente.

La fatigue du tourneur de manivelle n'a pas permis de prolonger davantage l'expérience.

4° Expérience. — 30 novembre 1861. — Mesure du travail développé à la manivelle.

Durée de l'expérience, temps de repos compris.	3 ^h ,44'
Durée du travail effectif.	2 ,57
Bras de levier du frein.	0 ^m ,70
Charge du frein.	0 ^k ,60
Nombre de tours de l'arbre du frein pendant l'expérience. .	28,185
Nombre de tours de l'arbre du frein par minute.	159.23
Travail en kilogrammètres par seconde.	7.00
Nombre de tours de la manivelle par minute.	53.07

Le tourneur a choisi lui-même la résistance qui lui a paru la plus convenable et ses temps de repos.

5° Expérience. — 2 et 3 décembre 1861. — Sciage du bois de chauffage.

25 stères de bois à brûler ont été distribués en deux lots. L'un de ces lots a été scié en deux traits avec la scie à ruban établie sur le barotrope ; l'autre lot a été scié à bras, à la manière ordinaire, par deux scieurs de profession, dont un fort habile.

	avec le barotrope.	à la main.
Durée du travail total.	13 ^h ,29' d'ouvrier.	12 ^h ,4' d'ouvrier.
Volume scié par heure et par homme.	0 st ,93	1 st ,04
Nombre total des tours de l'arbre des pédales.	35,600	

Le lot de bois débité par la scie à pédales s'est trouvé être plus garni en grosses bûches que le second lot.

6° Expérience. — 4 décembre 1861. — Sciage du bois de chauffage.

10 stères de bois à brûler ont été distribués comme précédemment.

	avec le barotrope.	à la main.
Volume du bois scié.	10 st ,00	10 st ,00
Volume du bois scié par heure et par homme.	0 st ,85	1 st ,20
Durée du travail réel	8 ^h ,47' d'ouvrier.	8 ^h ,20 d'ouvrier.

La même scie à ruban a servi pendant toute la durée de l'expérience sans être affûtée à nouveau ; elle avait une longueur totale de 3 mètres, et sa vitesse moyenne par seconde était de 4^m,53.

Le travail du 5 décembre a été dérangé par la pluie ; mais on n'a pas compté, dans la durée du travail réel, le temps employé à déplacer et à abriter l'appareil.

Les scieurs à bras s'étaient munis, à l'avance, de scies de rechange en nombre suffisant pour n'avoir aucun affûtage à faire dans le cours de leur journée de travail ; la longueur du fer de leur scie avait 0^m,64.

LÉGENDE DESCRIPTIVE DE LA PLANCHE 281 REPRÉSENTANT LE BAROTROPE
DE M. SALICIS.

Le dessin représente le barotrope à double pédale, tel qu'il était disposé lors des expériences faites au Conservatoire sur le sciage du bois de chauffage.

La fig. 1^{re} est une vue latérale de l'appareil ; la fig. 2 est une vue prise au devant des pédales.

L'appareil est d'ailleurs disposé de manière qu'on puisse y adapter soit la scie circulaire S, soit la scie à ruban S', suivant la valeur du travail à effectuer.

P, P' sont les deux pédales sur chacune desquelles l'opérateur pose un de ses pieds, et qui sont alternativement abaissées et relevées.

Le mouvement de ces pédales est transmis, par l'intermédiaire des bielles B, B' et des manivelles correspondantes, à un premier arbre A et à la poulie C, qui est calée sur cet arbre.

La courroie croisée qui entoure cette poulie transmet ce mouvement à la poulie plus petite D.

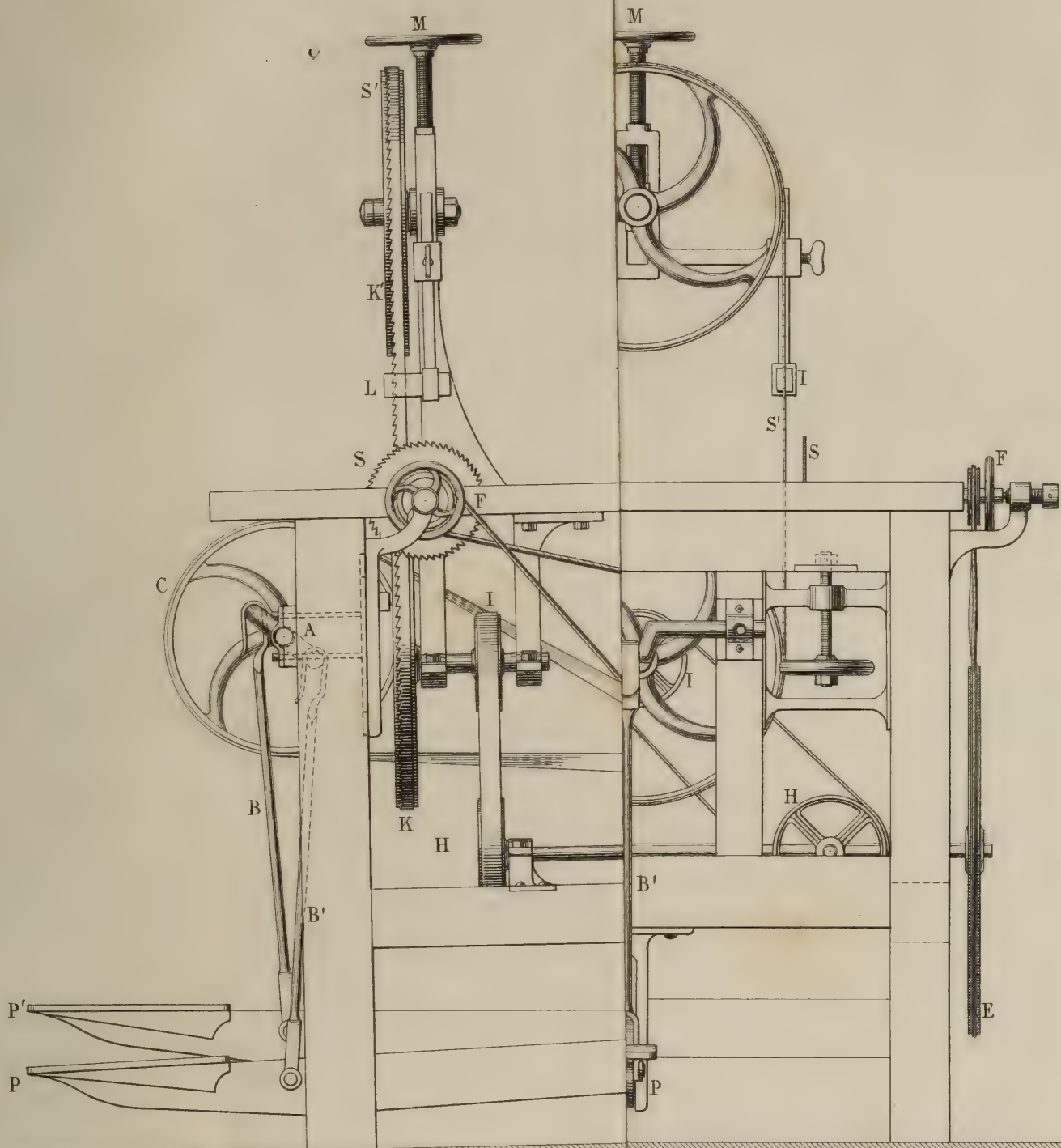
Lorsqu'il s'agit de transmettre le mouvement à la scie circulaire, on se sert de la poulie E, sur l'arbre de laquelle se trouve le volant, et qui agit, par l'intermédiaire d'une corde d'archet, sur la poulie F, à l'arbre de laquelle on imprime ainsi une grande vitesse. C'est cet arbre, monté sur pointes, qui porte la lame S, que l'on enlève avec lui toutes les fois qu'on veut se servir de la scie à ruban.

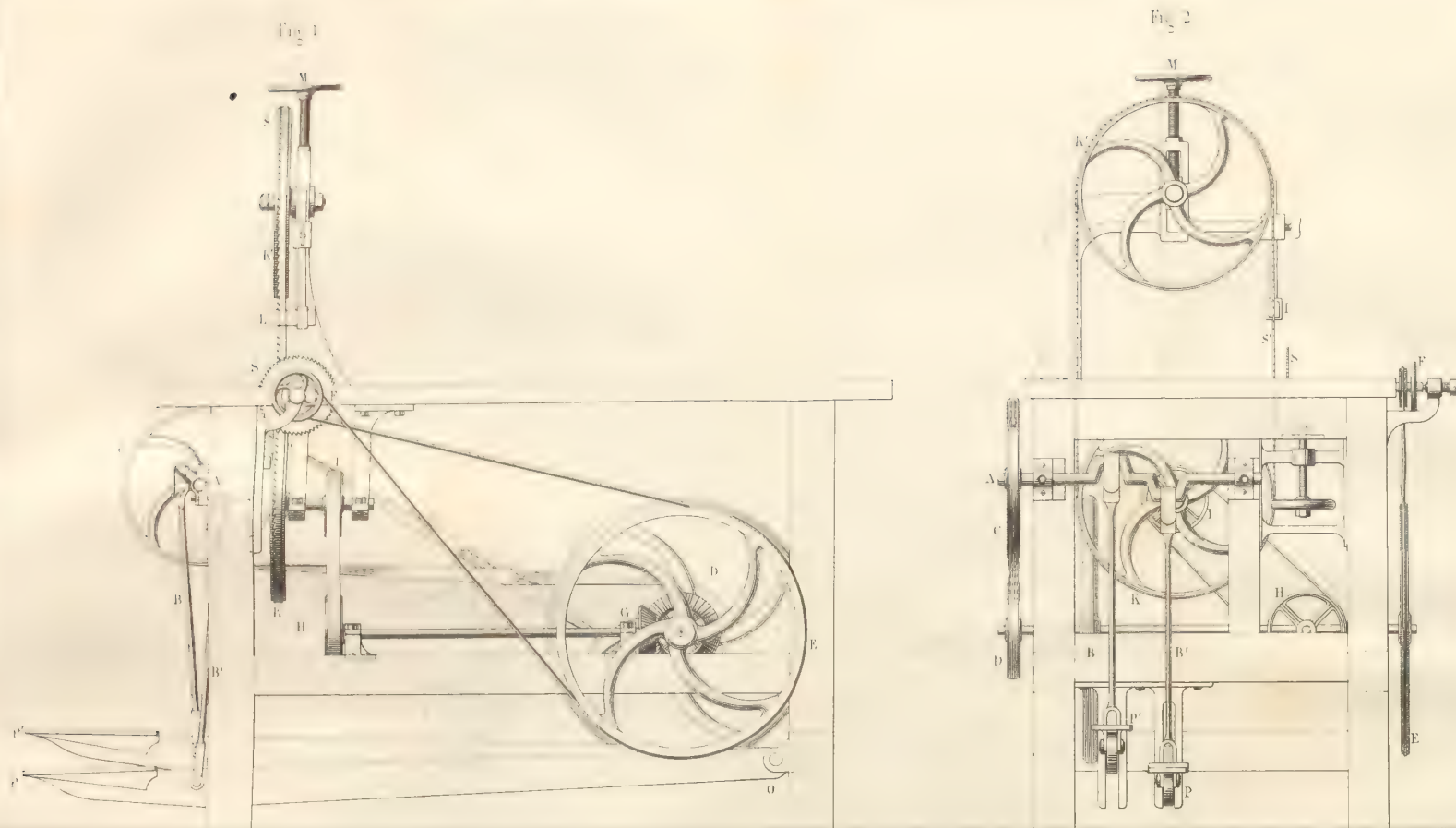
Dans ce dernier cas, la transmission qui commande les tambours sur lesquels la scie S' est enroulée se compose de la roue d'angle dentée D, du pignon G, de l'arbre horizontal GH, et enfin des deux poulies H et I, réunies par la courroie HI. Le tambour inférieur K est calé sur le même arbre que cette dernière poulie, et la lame S' doit être assez tendue pour entraîner dans le même mouvement la poulie K'. A cet effet, on peut, au moyen du petit volant M et de sa vis, écarter à volonté le tambour supérieur avec son arbre.

Le guide L, qui a fait, dans ces dernières années, la fortune de la scie à ruban, peut être fixé à la hauteur convenable, pour chaque nature de travail, au moyen de la tige qui le supporte et de la vis de serrage que l'on voit sur le dessin.

Fig. 1.

Fig. 2.





APPAREIL DIT BAROTROPE, PAR M. SALICIS.

On remarquera que, par suite de la disposition générale de la machine, l'ouvrier qui fait agir les pédales peut s'appuyer, par ses coudes, sur le bord de la table T, et qu'il est parfaitement placé pour présenter à l'action de l'une ou l'autre scie les pièces à travailler, en exerçant contre elles un léger effort.

T.

ÉCOLES INDUSTRIELLES.

EXTRAIT DU RAPPORT *fait par M. PRIESTLEY, au nom de la commission d'examen pour l'admission aux écoles impériales d'arts et métiers, sur le concours de 1863.*

Messieurs, par une lettre en date du 13 juillet 1863, S. Exc. M. le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics ayant informé le Président de la Société d'encouragement que deux bourses entières étaient disponibles cette année, l'une à l'école impériale des arts et métiers de Châlons, l'autre à l'école d'Angers, une commission d'examen, composée de MM. Gautier de Claubry, Eug. Pichet, Froment, Silbermann, Le Roux et Priestley, membres du Conseil, a fait subir aux concurrents les diverses épreuves prescrites par les règlements.

Sur soixante-quatre candidats inscrits, cinquante seulement se sont présentés, desquels il convient encore de déduire tous ceux qui n'ont pas répondu d'une manière satisfaisante aux épreuves orales et manuelles, en sorte qu'il n'y en a eu définitivement que trente-quatre qui ont été admis à subir l'examen oral.

Il résulte du tableau contenant les notes méritées par chacun de ces candidats, que onze d'entre eux ont été reconnus admissibles dans l'ordre suivant :

MM.	MM.
1 BAILLET (Henri).	7 SOULIER (Charles-Alfred).
2 MIZERY (Jules-Raoul).	8 DELAUNAY (Gervais-Achille).
3 DAYDÉ (Henri).	9 CAILLOT (Léonce).
4 GEORGET (Prosper).	10 BERTON (Albert-Hippolyte).
5 HAFFNER (Armand).	11 LETUVÉE (Auguste).
6 POLLET (François).	

Cette liste a été transmise à M. le Ministre, qui a nommé les premier et second candidats, Baillet, élève à bourse entière, à l'école de Châlons, et Mizery, élève également à bourse entière, à celle d'Angers.

En conséquence, il ne nous reste plus, Messieurs, qu'à vous proposer d'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

Signé PRIESTLEY, rapporteur.

Approuvé en séance, le 4 octobre 1863.

INSTRUMENTS DE PRÉCISION.

RAPPORT fait par M. BENOÎT, au nom du comité des arts mécaniques, sur une BOÎTE DE COMPAS présentée par M. ROYER, fabricant de compas de précision, rue de l'Ancienne-Comédie, 12, à Paris.

Messieurs, je viens, au nom de votre comité des arts mécaniques, vous rendre compte de l'examen qu'il a fait de la boîte de compas que M. Royer, fabricant de compas de précision, vous a présentée.

Les instruments qu'elle renferme, et dans la fabrication desquels le maillechort remplace le cuivre ordinairement employé, sont : 1° trois tire-lignes ; 2° un compas à pointes sèches, de 0^m,120 ; 3° un compas à double fin de 0^m,100 ; 4° un petit compas à balustre, pouvant tracer les circonférences de cercle de moins de 0^m,015 de rayon ; 5° enfin un décimètre divisé en demi-millimètres, gravé sur le biseau d'une réglette en os.

La boîte, couverte en peau de chagrin, de 0^m,155 de longueur sur 0^m,092 de large et de 0^m,018 d'épaisseur, à coins et arêtes légèrement arrondis, est fermée par le moyen d'une broche pouvant glisser dans le bord du fond, et s'engageant, à volonté, dans des pitons fixés au bord correspondant du dessus de cette boîte, que l'on peut très-commodément porter sur soi, dans la poche de côté d'un habit.

Les tire-lignes de M. Royer se distinguent des tire-lignes ordinaires par l'addition d'une tige spéciale destinée à prévenir la déviation des lames, et d'un manchon d'arrêt pour empêcher que l'on puisse en forcer les bouts, l'un contre l'autre, par une pression exagérée. Pour cela, le manchon, placé entre les lames du tire-ligne, y embrasse une tige fixée à la lame postérieure, dont le bout libre taraudé passe à travers et déborde la lame antérieure pour recevoir un écrou de pression à molette, que l'on tourne entre l'index et le pouce, pour rapprocher les lames à volonté, jusqu'à la limite déterminée par la longueur du manchon d'arrêt, qui ne permet pas que ce rapprochement aille au delà du simple contact de leurs extrémités. Un de ces tire-lignes,

destiné aux encres de couleur, a ses lames en maillechort, alliage moins oxydable que l'acier.

Le compas à pointes sèches est du genre de ceux dits à cheveu, c'est-à-dire dont une des pointes fait corps avec un ressort fixé et assemblé sur une des branches du compas, de manière à pouvoir être rapprochée ou écartée de la pointe ordinaire de l'autre branche, en agissant sur une vis de rappel qui opère par degrés insensibles.

Une des branches du compas à double fin est composée de deux parties assemblées à charnière : son extrémité est terminée par une longue douille ou manchon, dans lequel peut glisser, sans jeu, une tige cylindrique d'acier, d'un millimètre environ de diamètre, terminée par une pointe aiguë et qui peut y être maintenue, dans une position voulue, par une vis de pression taraudant dans l'épaisseur du manchon ; disposition qui permet d'égaliser exactement la longueur des deux branches du compas employé comme compas à pointes sèches.

Cet instrument étant accompagné d'une pointe à crayon, d'une pointe à tire-ligne et d'une allonge de 0^m,075 de longueur, laquelle peut recevoir ces mêmes pointes et être substituée, comme elles, à la pointe sèche mobile adaptée à la seconde branche du compas, on voit que celui-ci, dont la tête est surmontée d'un petit manche en fuseau, peut être disposé et employé comme compas à balustre et servir encore, comme compas ordinaire, pour relever des longueurs de droite jusqu'à 0^m,250, et pour tracer, au crayon ou à l'encre, des circonférences de cercle d'un tel rayon.

Le petit compas à balustre se distingue de ceux que l'on trouve dans le commerce par plusieurs dispositions heureuses qui doivent lui concilier le choix des dessinateurs. M. Royer le nomme *compas à balustre à pompe*, parce que sa *pointe sèche*, à corps cylindrique, est exactement logée à glissement dans sa branche droite, où elle peut être arrêtée dans toute position voulue, au moyen d'une vis de pression latérale, et qu'un ressort à boudin intérieur, quand cette vis n'est pas serrée, la chasse toujours vers le dehors, jusqu'à ce qu'un arrêt, disposé intérieurement pour cela, l'empêche d'en sortir davantage. Les axes de cette pointe, de la branche droite du compas et du petit manche dont elle est surmontée, se confondant en un seul, on conçoit que cette disposition permet de régler avec facilité la saillie de la pointe sèche, pour que, lorsque l'axe unique mentionné est dirigé normalement à la feuille de papier sur laquelle on dessine, l'extrémité du tire-ligne du compas atteigne cette feuille, et trace ainsi une circonférence de cercle, quand on fait tourner sur place, entre les doigts, le manche du compas.

La manière dont le tire-ligne est adapté sur la branche droite de ce compas

est surtout caractéristique. Le bout du ressort qui en forme la queue est vissé sur un renflement de cette branche, de manière à ce que ce tire-ligne occupe naturellement sa position la plus éloignée de l'axe de la pointe du compas, et qu'il faille ainsi forcer d'autant plus ce ressort que la circonférence de cercle à décrire doit avoir un plus petit rayon. Pour opérer le rapprochement du tire-ligne vers la branche droite du compas, M. Royer attache sur celle-ci, à charnière, une petite tige d'acier taraudée, qu'il fait passer dans un œil allongé, ouvert à la jonction des lames du tire-ligne et de sa partie faisant ressort, de sorte qu'un écrou à molette, taraudant sur le bout en saillie de cette tige, suffit pour qu'en tournant cette molette entre les doigts, dans le sens convenable, on puisse faire obéir ce ressort, autant que cela est nécessaire pour que l'extrémité du tire-ligne décrive une circonférence de cercle d'un aussi petit rayon qu'on le désire, quand on tourne sur place la branche droite du compas.

Cette description vous aura sans doute convaincus, Messieurs, que la *boîte de compas de M. Royer*, brevetée à son profit, est composée d'instruments très-bien entendus dans tous leurs détails et parfaitement exécutés ; qu'elle est d'ailleurs très-portative, et qu'elle est ainsi digne d'être recommandée aux ingénieurs et aux dessinateurs.

Avant de vous soumettre les propositions de votre comité des arts mécaniques, je crois devoir, dans l'intérêt même de cet habile constructeur de compas de précision, vous rappeler qu'il déclare, dans sa lettre d'envoi au président de la Société, que ce sont les très-bons conseils des élèves de l'école centrale, qui l'ont mis sur la voie des modifications sur lesquelles il a appelé l'attention de la Société.

Les propositions du comité sont : 1° de remercier M. Royer de son intéressante communication ; 2° de publier le présent rapport dans le *Bulletin* de la Société.

Je vous prie, Messieurs, de vouloir bien les accueillir.

Signé BENOÎT, rapporteur.

Approuvé en séance, le 1^{er} juillet 1863.

ARTS MÉCANIQUES.

EXPOSÉ DES PRINCIPES DE LA THÉORIE MÉCANIQUE DE LA CHALEUR ET DE SES APPLICATIONS PRINCIPALES, PAR M. CH. COMBES. (*Suite du chapitre III.*) (1)

XXX. Revenons à la vapeur d'eau. Qu'un kilogramme d'eau liquide, à la température de 150° et soumis à la pression de $3581^{\text{mm}},23$ de mercure ou $48690^{\text{k}},6$ par mètre carré, qui est celle de la vapeur à saturation et à la température donnée, soit réduit en vapeur sous cette pression et à cette température maintenues invariables; la vapeur occupera un volume que nous pouvons tirer du tableau de M. Zeuner, § XXVI, par une interpolation entre les valeurs correspondantes aux températures $149^{\circ},90$ et $150^{\circ},69$, ou calculer directement par l'une des formules :

$$Apu = \frac{pQ}{(a+t) \frac{dp}{dt}} \quad \text{ou} \quad Apu = 30,456 \text{ L. } \frac{a+t}{100},$$

qui donnent des résultats extrêmement peu différents. Remplaçant, dans la dernière formule, a par 273 et t par 150° , nous trouvons :

$$Apu = 30,456 \text{ L. } 4,23 = 30,456 \times 1,44220 = 43,9236;$$

d'où :

$$u = \frac{43,9236}{\frac{1}{424} \times 48690,6} = \frac{424 \times 43,9236}{48690,6} = 0^{\text{m}^3},3825,$$

et en négligeant la dilatation de l'eau liquide entre 0 et 150° , nous avons, pour le volume cherché, $0^{\text{m}^3},3835$.

Le travail moteur développé par la transformation de l'eau en vapeur, sous la pression constante de $48690^{\text{k}},6$ par mètre carré, est égal à :

$$0^{\text{m}^3},3825 \times 48690,6 = 18624^{\text{k} \times \text{m}},15.$$

La chaleur ajoutée à l'eau, prise à la température de 150° , pour la vaporiser à cette même température et sous la pression constante de $48690^{\text{k}},6$ par mètre carré, est :

$$r = 606,5 + 0,305 \times 150 - (150 + 0,00002 \times 150^2 + 0,0000003 \times 150^3),$$

d'après les formules de M. Regnault. En effectuant le calcul, on a pour la valeur de r

$$500^{\text{cal}},7875.$$

(1) Voir le *Bulletin* de juin 1863, p. 332.

Permettons à la vapeur de se dilater lentement sous une pression graduellement décroissante, sans addition ni soustraction de chaleur, jusqu'à ce que sa température se soit abaissée de 150° à 100° . Pendant la détente, une partie de la vapeur sera condensée et nous aurons à la fin de la vapeur humide, c'est-à-dire un mélange d'eau liquide et de vapeur à 100° , dans des proportions qui sont déterminées par l'équation

$$cdt + d(mr) - \frac{mrdt}{a+t} = 0 \text{ du } \S \text{ XXIX (1).}$$

En divisant les deux membres par $a+t$, elle devient :

$$\frac{cdt}{a+t} + \frac{d(mr)}{a+t} - \frac{mrdt}{(a+t)^2} = 0.$$

Or, $\frac{d(mr)}{a+t} - \frac{mrdt}{(a+t)^2}$ n'étant autre chose que la différentielle de $\frac{mr}{a+t}$, l'équation, sous cette dernière forme, s'intègre immédiatement et donne :

$$\int_0^t \frac{cdt}{a+t} + \frac{mr}{a+t} + C = 0.$$

Au commencement de la détente, la vapeur est sèche, la quantité d'eau liquide nulle et, par conséquent, $m = 1$, on a donc :

$$(a) \quad \int_0^{150} \frac{cdt}{a+t} + \frac{r_1}{a+150} + C = 0,$$

r_1 désignant la valeur de r ou de la chaleur de vaporisation correspondante à 150° . Lorsque la détente est terminée, $t = 100$, et l'on a, en désignant par m le poids de la vapeur restant dans le mélange :

$$(b) \quad \int_0^{100} \frac{cdt}{a+t} + \frac{mr_2}{a+100} + C = 0,$$

r_2 désignant la valeur de r pour $t = 100^{\circ}$. Retranchant (b) de (a), la constante C est éliminée et l'on a pour déterminer m :

(1) Voir *Bulletin* de juin 1863, p. 358.

$$\int_{100}^{150} \frac{cdt}{a+t} + \frac{r_1}{a+150} - \frac{mr_2}{a+100} = 0,$$

d'où :

$$m = \frac{a+100}{r_2} \left[\int_{100}^{150} \frac{cdt}{a+t} + \frac{r_1}{a+150} \right].$$

c étant égal, d'après M. Regnault, § XXIV, à $1 + 0,00004 t + 0,0000009 t^2$, l'intégrale indéfinie :

$$\int \frac{cdt}{a+t} = \int \frac{dt}{a+t} + 0,00004 \int \frac{tdt}{a+t} + 0,0000009 \int \frac{t^2 dt}{a+t}$$

$$\int \frac{dt}{a+t} = \text{L. } (a+t);$$

$$0,00004 \int \frac{tdt}{a+t} = 0,00004 \int \left(1 - \frac{a}{a+t} \right) dt = 0,00004 t - 0,00004 a \text{ L. } (a+t);$$

$$0,0000009 \int \frac{t^2 dt}{a+t} = 0,0000009 \int \left(t - a + \frac{a^2}{a+t} \right) dt =$$

$$= 0,00000045 t^2 - 0,0000009 at + 0,0000009 a^2 \text{ L. } (a+t);$$

donc, enfin :

$$\int \frac{cdt}{a+t} = \left[\begin{array}{l} (1 - 0,00004 a + 0,0000009 a^2) \text{ L. } (a+t) \\ + (0,00004 - 0,0000009 a) t \\ + 0,00000045 t^2 \end{array} \right]$$

et en remplaçant a par 273 :

$$\int \frac{cdt}{a+t} = 1,0561561 \text{ L. } (273+t) - 0,0002057 t + 0,00000045 t^2,$$

et en prenant l'intégrale entre les limites $t = 100$ et $t = 150$, il vient :

$$\int_{100}^{150} \frac{cdt}{a+t} = 1,0561561 \text{ L. } \frac{423}{373} - 0,0002057 \times 50 + 0,00000045 \times 12500 = 0,128194.$$

La chaleur de vaporisation à 150° étant de $500^{\circ},7875$, nous avons :

$$\frac{r_1}{a+150} = \frac{500,7875}{423} = 1,1839;$$

la chaleur r_2 de vaporisation à 100° est :

$$606,5 + 0,305 \times 100 - (100 + 0,00002 \times \overline{100^2} + 0,0000003 \times \overline{100^3}) = 536,5$$

$$\frac{a + 100}{r_2} = \frac{373}{536,5} = 0,69525$$

Moyennant la substitution de ces valeurs, on a pour le poids de vapeur qui subsiste à la fin de la détente :

$$m = 0,69525 (0,128194 + 1,1839) = 0^k,9122;$$

la quantité d'eau mêlée à cette vapeur est donc $1^k - 0^k,9122 = 0^k,0878$.

Pour obtenir le volume d'un kilogramme de vapeur à 100° , et sous la pression correspondante de 10333^k par mètre carré, nous employons la formule :

$$Apu = 30,456 \text{ L. } \frac{a + 100}{100} = 30,456 \text{ L. } 3,73 = 40,09,$$

d'où :

$$u = \frac{40,09}{\frac{1}{424} \times 10333} = \frac{424 \times 40,09}{10333} = 1^m,645,$$

le volume cherché $= u + 0,001 = 1^m,646$.

La vapeur humide occupe donc à la fin de la détente, en négligeant le volume occupé par l'eau liquide, un espace égal à :

$$1^m,646 \times 0,9122 = \dots \dots \dots 1^m,5015$$

Puisque la détente a eu lieu sans addition ni soustraction de chaleur, nous obtiendrons l'équivalent calorifique du travail mécanique développé dans cette phase de l'évolution, en retranchant de la chaleur interne de la vapeur saturée et sèche à 150° la chaleur interne contenue à la fin de la détente dans le mélange de vapeur et d'eau à 100° .

La chaleur interne d'un kilogr. de vapeur à l'état de saturation et à 150° est exprimée par $606,5 + 0,305 \times 150 - Apu$, et, comme nous avons déjà trouvé que $Apu = 45,9236$, nous avons pour la chaleur cherchée : $606,5 + 0,305 \times 150 - 45,9236 = \dots \dots \dots$

$$608^{\text{cal.}},5264$$

Après la détente terminée, nous avons :

$0^k,0878$ d'eau liquide à 100° qui contient une quantité de chaleur au-dessus de 0 égale à $0,0878 \times 100,5 = \dots \dots \dots$

$$8^{\text{cal.}},8259$$

et $0^k,9122$ de vapeur à 100° renfermant une quantité de

chaleur égale à $0^k,9122 (606,5 + 0,305 \times 100 - Apu)$,

ici Apu est égal, ainsi que nous l'avons dit, à 40,09. La chaleur contenue dans la vapeur est donc :

$$0^k,9122 \times (637 - 40,09) = \dots \dots \dots 544^{\text{cal.}},5013$$

La vapeur humide renferme en tout $544,5013 + 8,8239 = \dots\dots\dots 553^{\text{cal.}},5252$
 la chaleur disparue et convertie en travail est donc de. $\dots\dots\dots 55^{\text{cal.}},0012$

travail mécanique moteur correspondant $424 \times 55,0012 = \dots\dots\dots 23320^{\text{k} \times \text{m}},5088$.

Imaginons maintenant qu'au lieu de perdre la vapeur humide en la laissant s'écouler dans un condenseur ou dans l'atmosphère, on la comprime en maintenant constante sa température de 100° et sa pression de 10333^{k} par mètre carré, jusqu'au terme où une dernière condensation opérée sans addition ni soustraction de chaleur ramènerait le mélange à un kilogramme d'eau liquide à 150° , c'est-à-dire à l'état initial, de manière que le corps ait fait une évolution complète dans un cycle fermé. Nous avons d'abord à chercher jusqu'à quelle limite il faudra pousser la condensation par un travail mécanique externe, avec soustraction de chaleur, afin que la dernière compression reproduise un kilogramme d'eau entièrement liquide et à 150° . Il est évident que si la compression, sans addition ni soustraction de chaleur, réduit la masse d'eau et de vapeur formée en poids de m de vapeur et $1 - m$ d'eau en 1 d'eau liquide à 150° , inversement l'accroissement graduel et lent de l'espace occupé primitivement par 1 d'eau liquide à 150° et sous la pression correspondante de $48690^{\text{k}},6$ par mètre carré sous une pression graduellement décroissante, et sans addition ni soustraction de chaleur, jusqu'à ce que la température de l'eau et de la vapeur formée soit abaissée de 150 à 100° , reproduira précisément les mêmes poids m de vapeur et $1 - m$ d'eau. Or la formule générale

$$\int_0^t \frac{cdt}{a+t} + \frac{mr}{a+t} + C = 0 \text{ nous permet de calculer la valeur de } m \text{ qui satisfait à}$$

cette dernière condition. En effet, puisque nous partons d'un kilog. d'eau liquide à 150° , le poids de vapeur est nul à l'origine, et nous avons, pour $t = 150$, $m = 0$. Donc :

$$\int_0^{150} \frac{cdt}{a+t} + C = 0$$

et pour $t^{\circ} = 100^{\circ}$

$$\int_0^{100} \frac{cdt}{a+t} + \frac{mr_2}{a+100} + C = 0$$

(r_2 , dans la seconde équation, est la chaleur de vaporisation correspondante à 100°). De là nous tirons, en retranchant la seconde équation de la première,

$$\int_{100}^{150} \frac{cdt}{a+t} - \frac{mr_2}{a+100} = 0; \quad m = \frac{a+100}{r_2} \times \int_{100}^{150} \frac{cdt}{a+t},$$

et en substituant les valeurs numériques déjà calculées :

$$m = 0,69525 \times 0,128194 = 0^k,0891, \text{ poids de vapeur à } 100^\circ, \\ \text{et } 1 - m = 0^k,9109, \text{ poids de l'eau restant à l'état liquide.}$$

Le mélange formé de $0^k,9122$ de vapeur et $0^k,0878$ d'eau liquide à 100° , qui existe à la fin de la détente, doit donc être comprimé, en le maintenant, par soustraction de chaleur, à la température de 100° et sous la pression correspondante de 10333^k par mètre carré, jusqu'à ce que la quantité pondérale de vapeur soit réduite à $0^k,0891$. Il faut pour cela, en négligeant le volume de l'eau par rapport à celui de la vapeur avec laquelle elle est mélangée, réduire l'espace occupé dans le rapport des quantités pondérales de vapeur $0^k,9122$ et $0^k,0891$ existantes respectivement à l'origine et à la fin de la compression. L'espace occupé à la fin de la détente étant $1^m,5015$, la compression avec soustraction de chaleur devra être continuée jusqu'à ce qu'il soit réduit à :

$$1,5015 \times \frac{0,0891}{0,9122} = 0^m,1338.$$

Le travail exigé par cette compression est donc égal à

$$10333 (1,5015 - 0,1338) = 14132^k \times m,44;$$

la quantité de chaleur développée par ce travail est

$$\frac{14132,44}{424} = 33^{\text{cal.}},3312.$$

S'il n'y avait point eu d'écoulement de chaleur au dehors, ces $33^{\text{cal.}},3312$ se seraient ajoutées à la chaleur interne existante antérieurement à la compression, de sorte que, celle-ci terminée, le mélange d'eau et de vapeur contiendrait $33^{\text{cal.}},3312$ de plus qu'au moment où elle a commencé. Or, avant la compression, la vapeur humide renfermait, ainsi que nous l'avons vu, $553^{\text{cal.}},3252$ au-dessus de l'eau à 0° . La compression terminée, nous avons :

$$0^k,9109 \text{ d'eau liquide à } 100^\circ \text{ qui renferme } 0,9109 \times 100,5 \dots = 91^{\text{cal.}},5454 \\ \text{et } 0^k,0891 \text{ de vapeur à } 100^\circ \text{ qui renferme } 0^k,0891 (637-40,09) \dots = 53^{\text{cal.}},1847$$

$$\text{Total.} \dots \dots \dots = 144^{\text{cal.}},7301$$

$$\text{La chaleur interne initiale était de} \dots \dots \dots \underline{\underline{553^{\text{cal.}},3252}}$$

La chaleur interne a donc diminué, dans l'acte de la compression à température constante, de. $408^{\text{cal.}}, 5951$

Ajoutant la chaleur équivalente au travail nécessaire pour opérer la compression. $55^{\text{cal.}}, 5312$

nous avons pour la quantité de chaleur totale qui s'est écoulée au dehors durant la compression. $441^{\text{cal.}}, 9263$. . . $441^{\text{cal.}}, 926$

Si, maintenant, le mélange de $0^{\text{k}}, 9109$ d'eau liquide et $0^{\text{k}}, 0891$ de vapeur à 100° est comprimé lentement par une pression graduellement croissante, sans addition ni soustraction de chaleur, jusqu'à ce que la totalité de la vapeur soit liquéfiée, nous savons à l'avance que le résultat sera un kilogramme d'eau liquide à 150° , sous la pression de $48690^{\text{k}}, 6$ par mètre carré, dont le volume sera de $0^{\text{m}}, 001$, en négligeant la dilatation de l'eau liquide entre 0 et 150° . Le travail mécanique à dépenser pour opérer cette dernière compression, à *chaleur constante*, sera l'équivalent de l'excès de la chaleur contenue dans un kilogramme d'eau liquide à 150° sur celle qui était contenue dans le mélange de $0^{\text{k}}, 9109$ d'eau liquide et $0, 0891$ de vapeur à 100° qui existaient d'abord.

Or 1 kilogramme d'eau liquide à 150° renferme une quantité de chaleur au-dessus de l'eau à 0° égale à $150 + 0,00002 \times \overline{150}^2 + 0,0000003 \times \overline{150}^3$). $= 151^{\text{cal.}}, 4625$
Le mélange de vapeur et d'eau à 100° renfermait, lorsque la compression à *chaleur constante* a commencé. $144^{\text{cal.}}, 7501$

la différence. $6^{\text{cal.}}, 7324$

est l'équivalent du travail mécanique dépensé pour opérer cette dernière compression et fermer le cycle qui ramène l'eau à l'état initial.

Ce travail est donc de $6,7324 \times 424$ $= 2854^{\text{k} \times \text{m}}, 54$

Les quatre opérations successives dont se compose l'évolution qui a ramené l'eau liquide à son état primitif donnent donc les résultats suivants :

1° L'eau liquide à 150° se vaporise complètement sous la pression constante de $48690^{\text{k}}, 6$ par mètre carré, et occupe, quand la vaporisation est terminée, un volume de. $0^{\text{m}}, 5825$

Le travail moteur développé dans cette phase de l'évolution est de.. $18624^{\text{k} \times \text{m}}, 15$

La chaleur ajoutée à l'eau liquide pour la transformation en vapeur à saturation et à la même température de 150° est. $500^{\text{cal.}}, 7875$

2° Expansion de la vapeur à *chaleur constante*, c'est-à-dire sans addition ni soustraction de chaleur, jusqu'à ce que la température soit abaissée de 150 à 100° . Le volume final de la vapeur, après cette expansion, est de. $1^{\text{m}^3}, 5015$

(à peu près 4 fois le volume primitif).

Le travail moteur développé par la détente est de. $25320^{\text{k} \times \text{m}}, 51$

La quantité de chaleur interne disparue est de. $55^{\text{cal.}}, 0012$

A la fin de la détente, la vapeur à 100° n'est point sèche; elle renferme en poids $0^{\text{k}}, 9122$ de vapeur et $0^{\text{k}}, 0878$ d'eau, total, 1 kilogr.

5° Cette vapeur humide à 100° est comprimée par un travail extérieur, sous la pression constante de 10333^k par mètre carré et en contact avec une source de chaleur indéfinie qui maintient sa température constamment égale à 100°, en enlevant à fur et mesure la chaleur qui se développe. La compression est continuée, dans ces conditions, à *température et pression constantes*, jusqu'à ce que le volume soit réduit de $1^{m^3},5015$ à.

$0^{m^3},1358$

Le mélange est composé, à la fin de cette phase de l'évolution, de $0^k,9109$ d'eau liquide et $0^k,0891$ de vapeur à 100°. Le travail dépensé pour opérer cette compression est de.

$14132^k \times m,44$

La chaleur soustraite et qui s'est écoulée dans la source inférieure de chaleur (le réfrigérant indéfini à 100°) est de.

$441^{cal.},9263$

4° Par une dernière compression, sans addition ni soustraction de chaleur, le mélange d'eau liquide et de vapeur à 100° est ramené à 1 kilogramme d'eau liquide à 150° et sous la pression de $48690^k,6$ par mètre carré.

Le travail dépensé dans cette dernière phase de l'évolution est de. .

$2854^k \times m,54$

Le travail dépensé dans les deux compressions successives, la première à température et pression constantes, la seconde sans addition ni soustraction de chaleur, est donc de $14132,44 + 2854,54$

$= 16986^k \times m,98$

Le travail moteur développé dans les deux premières phases de l'évolution, la vaporisation de l'eau à température constante et l'expansion de la vapeur sans addition ni soustraction de chaleur, est de $18624,15 + 23320,51$

$= 41944^k \times m,66$

Le travail moteur définitivement obtenu, égal à l'excès du second nombre sur le premier est de.

$24957^k \times m,68$

La quantité de chaleur empruntée à la source supérieure de chaleur, et que l'on peut considérer comme étant la chaleur dépensée, est de.

$500^{cal.},7875$

La quantité de chaleur transmise à la source inférieure ou réfrigérant indéfini à 100° est de.

$441^{cal.},9263$

la différence ou chaleur utilisée est seulement de.

$58^{cal.},8612$

Cette chaleur est, en effet, équivalente au travail moteur définitivement obtenu ; car $\frac{24957,68}{424} = 58,8625$ et la différence portant sur les deux derniers chiffres décimaux

tient aux décimales négligées dans les calculs numériques. Le rapport de la chaleur utilisée à la chaleur dépensée est égal à $\frac{58,8612}{500,7875} = 0,1175$. Il est loin de l'unité,

et c'est pourtant le maximum qu'il soit possible d'obtenir, en employant soit l'eau, soit tout autre corps comme intermédiaire entre deux sources de chaleur, l'une à 150° et l'autre à 100°. Désignant, en effet, par Q la chaleur dépensée, c'est-à-dire puisée dans la source supérieure (la chaudière) à la température T , et par Q' la chaleur perdue, c'est-à-dire nécessairement versée dans la source inférieure (le réfrigérant ou

le condenseur) à la température t , la chaleur convertie en travail est seulement $Q - Q'$, et l'on a, d'après les principes fondamentaux de la théorie (§ VII, chap. I, et XXI, chap. II) (1),

$$\frac{Q - Q'}{Q} = \frac{T - t}{a + T} = \frac{T - t}{273 + T};$$

quand on prend $T = 150$ et $t = 100$,

$$\frac{Q - Q'}{Q} = \frac{50}{423} = 0,1182.$$

Ce nombre coïncide, comme cela devait être nécessairement, avec 0,1175 trouvé plus haut, sauf une différence de 7 sur 1175 qui vient des petites quantités omises dans les formules ou des décimales négligées dans les calculs numériques. Nous aurions pu, on le voit, arriver directement au résultat final, c'est-à-dire à la quantité de travail mécanique réalisable dans les données de la question, sans passer par tous les calculs intermédiaires; mais il était utile de présenter une analyse complète des phénomènes qui ont lieu, dans les quatre phases successives de l'évolution, pour l'eau et sa vapeur à l'état de saturation employée comme corps intermédiaire entre les deux sources de chaleur, ainsi que nous l'avons fait pour les gaz permanents.

XXXI. Comparons maintenant les circonstances idéales du paragraphe précédent avec celles qui ont lieu en réalité dans le jeu d'une machine à vapeur qui recevrait de la vapeur d'eau à 150° et à la pression de $48690^k,6$ par mètre carré, et dans laquelle la vapeur motrice, après avoir été isolée de l'intérieur de la chaudière, se détendrait jusqu'à occuper un espace qui fût au volume primitif précisément dans le rapport de 1,5015 à 0,3825, à très-peu près 4 à 1, la détente ayant lieu sans addition ni soustraction de chaleur. Le travail moteur développé par un kilogramme de vapeur agissant sur le piston serait, ainsi que nous venons de l'établir, de $41944^k \times m,66$. Si la vapeur était ensuite rejetée directement dans l'atmosphère, le piston éprouverait, abstraction faite de la résistance due à l'écoulement de la vapeur humide par le passage rétréci des lumières ou des soupapes d'évacuation, une contre-pression de 10333 kilog. par mètre carré, ce qui, eu égard au volume final $1^m,5015$ de la vapeur, donnerait lieu à un travail résistant de $1,5015 \times 10333 = 15515^k \times m$; un litre d'eau liquide à refouler dans la chaudière, pour remplacer la vapeur dépensée, exigera, en outre, un travail mécanique égal à $0^m,001 (48690,6 - 10333) = 38^k \times m,56$. Ce travail extérieur développera une quantité de chaleur équivalente, qui élèvera proportionnellement la température de l'eau alimentaire. Nous en tiendrons compte implicitement, en admettant que cette eau entre dans la chaudière à la température même de 100° que nous supposons lui avoir été communiquée par la vapeur sortant du cylindre, et ce serait faire double emploi que de l'ajouter ici au travail résistant dû à la contre-pression. Le travail mécanique définitivement obtenu est donc, abstraction faite de toute résistance passive et des pertes de chaleur par refroidissement, de :

(1) Voir *Bulletin* de janvier 1863, p. 25, et *Bulletin* de juin, p. 327.

$$41944^{k \times m},66 - 15515^{k \times m} = 26429^{k \times m},66,$$

dont l'équivalent calorifique est $\frac{26429,66}{424} = 62^{\text{cal.}},33$.

Quant à la chaleur dépensée, ou plus exactement reçue par la chaudière, en admettant que la vapeur à sa sortie du cylindre moteur ait été utilisée pour élever à 100° la température de l'eau alimentaire, elle sera nécessairement égale à la chaleur de vaporisation d'un kilogramme d'eau liquide à la température de 150° que nous savons être de $500^{\text{cal.}},7875$, plus la chaleur nécessaire pour élever de 100 à 150° un kilog. d'eau liquide sous la pression constante de $48690^k,6$ par mètre carré; cette dernière quantité est exprimée par :

$$150 - 100 + 0,00002 (150^2 - 100^2) + 0,0000003 (150^3 - 100^3) = 51^{\text{cal.}},0525.$$

La chaleur à communiquer à la chaudière, par kilogramme de vapeur dépensée, qui donne un travail équivalent à $62^{\text{cal.}},33$, est donc de

$$500,7875 + 51,0525 = 551^{\text{cal.}},8400.$$

D'où l'on voit que le rapport de la chaleur utilisée à la chaleur reçue par la chaudière est $\frac{62,33}{551,84} = 0,113$. Il est inférieur, comme cela devait être, au rapport théorique maximum $0,118$; mais la différence est, on le voit, assez petite, moins de 5 pour 100.

On peut faire des calculs semblables à ceux du § XXX, en partant toujours de l'eau liquide à 150° et supposant que la vapeur formée se détende jusqu'à ce que sa température soit tombée à 50° . On trouvera que, dans ce cas, le kilogramme de vapeur qui remplissait, lorsqu'elle était à saturation et sèche avant le commencement de la détente, un espace de $0^{\text{m}^3},5825$, occupe à la fin, quand sa température est réduite à 50° , un volume de $9^{\text{m}^3},99$, soit 26 fois le volume primitif; que la quantité de vapeur liquéfiée pendant l'expansion est de $0^k,175$; que le travail moteur définitivement obtenu, dans l'évolution complète entre 150° et 50° , est de $49795^{k \times m},41$, équivalent à $117^{\text{cal.}},4295$, tandis que la chaleur fournie par la source supérieure à l'eau est toujours de $500^{\text{cal.}},7875$, de sorte que le rapport de la chaleur utilisée à la chaleur dépensée, égal au maximum théorique que l'on puisse obtenir pour une *chute de chaleur* de 100° entre 150 et 100 , soit au moyen de l'eau et de la vapeur, soit par l'intermédiaire de tout autre corps, est égal à $\frac{117,4295}{500,7875} = 0,234$, double de celui qui correspond à une *chute de chaleur* moitié moindre, à partir de la même température de 150° .

Comparons ce résultat *maximum* et purement théorique à celui qu'on obtiendrait, abstraction faite des résistances passives de tout genre, d'une machine à vapeur alimentée avec de la vapeur à saturation et à 150° , laquelle serait condensée à la température de 50° , après une détente dans laquelle son volume serait devenu égal à 26 fois l'espace primitivement occupé par elle et sa température se serait abaissée à 50° . Le travail moteur développé sur le piston ou les pistons de la machine, soit pendant que la communication est librement établie entre la chaudière et le récepteur,

soit durant l'expansion, serait ici, comme le montrent les calculs semblables à ceux du § XXX, de $67943^{k \times m},76$, dont il faut déduire :

1° Le travail résistant dû à la contre-pression que nous supposerons égale à celle qu'exerce la vapeur d'eau à saturation et à 50° , c'est-à-dire $1250^k,6$ par mètre carré. Ce travail résistant est de. $9^{m^3},99 \times 1250,6 = 12493^{k \times m},49$

2° Le travail nécessaire pour extraire du condenseur et élever dans l'atmosphère l'eau de condensation et celle qui résulte de la liquéfaction de la vapeur. En évaluant le volume de l'eau à ramener ainsi dans l'atmosphère à 25 litres ($0^{m^3},025$) par kilog. de vapeur motrice, le travail dont il s'agit sera égal à $0,025 (10353 - 1250,6) = 227^{k \times m},00$

Total. $= 12720^{k \times m},49$

Le travail théorique obtenu est ainsi, abstraction faite de toute résistance passive. $67943^{k \times m},76 - 12720^{k \times m},49 = 55223^{k \times m},27$, équivalent à $\frac{55223^{k \times m},27}{424} = 130^{cal.},24$.

La chaleur que la chaudière a dû recevoir, pour produire ce travail, est d'ailleurs égale à

$500^{cal.},7875 + 150 - 50 + 0,00002 (150^2 - 50^2) + 0,0000003 (150^3 - 50^3) = 602^{cal.},1575$.

Le rapport de la chaleur utilisable dans la machine à vapeur à très-grande détente et à condensation, abstraction faite des résistances passives et notamment de celle de la pompe à air ou exhaustion du condenseur, qui n'est pas à beaucoup près négligeable,

à la chaleur reçue par la chaudière, serait donc $\frac{130^{cal.},24}{602,1575} = 0,216$, inférieur de

7,3 pour 100 seulement au rapport maximum 0,234 correspondant à la chute de chaleur de 100° , depuis 150° jusqu'à 50° . On pourrait dire qu'il n'est pas de machine où la vapeur se détende dans le rapport 26 à 1 de son volume initial. Mais je ferai remarquer que les dernières parties de la détente contribuent pour une mince part au travail moteur définitivement obtenu. En effet, si l'on suppose que la vapeur se détende seulement, sans addition ni soustraction de chaleur, jusqu'à ce que sa température se soit abaissée de 150° à 60° , on trouve qu'il existe à la fin de la détente $0^k,841$ de vapeur à l'état de saturation et $0^k,159$ d'eau liquide condensée; que cette vapeur humide, qui occupe un volume de $6^{m^3},4591$, renferme $504^{cal.},2063$ de chaleur interne; que $104^{cal.},1201$ ont, par conséquent, disparu, dans l'expansion de la vapeur, en fournissant un travail moteur équivalent de $44146^{k \times m},92$, lequel, ajouté au travail moteur produit pendant l'affluence de la vapeur à la pleine pression correspondante à 150° , donne un total de $62771^{k \times m},07$. Déduisant de ce travail moteur le travail résistant dû à la contre-pression de $1250^k,6$ par mètre carré, qui, pour un volume total de $6^{m^3},4591$, s'élève à $8077^{k \times m},79$ et celui qu'exige l'extraction de 25 litres d'eau du condenseur, lequel est de $227^{k \times m}$, ensemble $8304^{k \times m},79$, il reste $54466^{k \times m},21$ de travail disponible, équivalent à $128^{cal.},46$. La chaleur transmise à l'eau contenue dans le générateur pour échauffer de 50° à 150° et vaporiser à cette dernière température et sous la pression correspondante de $48690^k,6$ par mètre carré un kilogramme d'eau étant de

602^{cal.},1575, le rapport de la chaleur utilisée à la chaleur transmise au générateur est $\frac{128,46}{602,1575} = 0,213$, bien peu différent de 0,216 qui correspond au cas où la détente de la vapeur est poussée jusqu'à ce que sa température soit devenue égale à celle du condenseur ou réfrigérant. Cependant, lorsque la détente est arrêtée à 60°, la vapeur, au lieu d'occuper à la fin un espace égal à 26 fois le volume primitif, n'occupe qu'un espace égal à $\frac{6,4591}{0,3825}$, soit un peu moins de 17 fois ce volume, ce qui ne dépasse pas les limites de détente réalisables et sans doute pratiquement réalisées par quelques machines à haute pression, à condenseur et à très-grande détente.

XXXII. Les calculs et les considérations développés dans les deux paragraphes précédents ont des conséquences pratiques fort importantes. On donne une idée fausse et très-exagérée de l'état d'imperfection où se trouvent encore nos meilleures machines à vapeur à haute pression et à détente, en disant qu'elles ne sont susceptibles d'utiliser que 10 ou 20 pour 100 environ du travail mécanique équivalent à la chaleur transmise aux générateurs de vapeur, suivant qu'elles sont ou non pourvues d'un condenseur, même quand la détente est poussée dans les cylindres aussi loin que possible. Sans être absolument entachée d'inexactitude, cette assertion induit en erreur les personnes qui possèdent des notions incomplètes sur la théorie mécanique de la chaleur, si l'on n'a pas soin d'ajouter qu'il est impossible, par des moyens quelconques, en employant des corps quelconques comme intermédiaires entre deux sources de chaleur indéfinies, dont l'une serait à la température de l'eau contenue dans le générateur et l'autre à la température maintenue dans le condenseur de la machine, de convertir, d'une façon régulière et continue, en travail mécanique, une fraction de la chaleur sortie du générateur notablement plus grande que celle qui est ainsi utilisée par nos machines à vapeur perfectionnées; que la plus grande partie de cette chaleur passe nécessairement au condenseur; que la portion de chaleur tirée du générateur convertie ou plutôt *convertissable* en travail est, suivant l'expression si juste et trop oubliée de Sadi-Carnot, proportionnelle à la *chute de chaleur*, c'est-à-dire à l'écart des températures maintenues dans l'intérieur de la chaudière et du condenseur et exprimée par la fraction $\frac{T - t}{273 + T}$, qui a pour numérateur cet écart même, qu'on peut appeler la hauteur de chute et pour dénominateur l'élévation de la température de la source supérieure de chaleur, c'est-à-dire la chaudière au-dessus du zéro absolu, lequel, entre les limites des températures abordables dans la pratique, peut être considéré comme étant à 273° au-dessous du zéro de notre thermomètre centigrade.

Il est vrai que, si l'on considère ensemble la machine à vapeur et toutes ses dépendances depuis le foyer de la chaudière jusqu'à l'eau froide qui l'alimente et a servi auparavant à produire un vide partiel derrière le piston ou a été du moins réchauffée par la vapeur sortant du cylindre, la chute de chaleur n'embrasse pas seulement un intervalle de 150 à 100 ou 50°, mais bien de 700 ou 800° à 10 ou 20°. Le travail mécanique recueilli n'est, en ce sens, qu'une très-petite fraction du maximum théorique. Mais la

perte principale a lieu dans le foyer même, où plus de moitié de la chaleur totale développée par la combustion est dispersée par la cheminée dans l'atmosphère, et où cette partie même de la chaleur qui est utilisée plus tard passe dans un corps beaucoup plus froid que le combustible en ignition, par une chute brusque et, par conséquent, improductive de travail. Les pertes qui ont lieu ultérieurement, dans le trajet de la chaudière au condenseur, sont, en réalité, minimales par rapport à la première.

Les progrès ultérieurs de nos bonnes machines à vapeur, ou plutôt des machines à feu en général, ne peuvent donc résulter que de dispositions qui permettraient soit de transmettre au générateur une partie plus grande de la chaleur développée par la combustion dans le foyer, soit d'augmenter la chute de chaleur, c'est-à-dire l'écart des températures maintenues dans le générateur et dans le condenseur.

Les foyers *Siemens* qui, par un ingénieux échange, font passer, dans les gaz et l'air neuf qui viennent incessamment alimenter le foyer, une grande partie de la chaleur contenue dans les gaz brûlés, avant l'écoulement de ceux-ci par la cheminée dans l'atmosphère; les foyers à courant d'air forcé par des machines soufflantes ou aspirantes, combinés avec des chaudières à surface de chauffe très-développée; les foyers fermés de M. Belou, qui introduit les gaz brûlés eux-mêmes, mêlés avec de l'air neuf ou de la vapeur, dans les cylindres moteurs, sont des tentatives rationnelles et plus ou moins heureuses qui rentrent dans la première catégorie des perfectionnements réalisables.

L'emploi de la vapeur d'eau à des températures et sous des pressions de plus en plus fortes, surtout dans les locomotives et autres machines sans condenseur, où la pression dans les chaudières est, aujourd'hui, portée à 9 ou 10 atmosphères; la substitution de l'air chaud ou de la vapeur suréchauffée jusqu'à 200 et 240° centigrades à la vapeur d'eau à l'état de saturation, qu'il serait difficile d'employer à ces hautes températures, en raison de la pression excessive qu'elle exercerait sur les parois des chaudières et des cylindres, rentrent dans les dispositions de la seconde catégorie et ne constitueront des perfectionnements véritables, au point de vue de l'économie de la chaleur, qu'autant que la température de l'air chaud ou de la vapeur suréchauffée, agissant sur les pistons, sera abaissée dans l'intérieur des cylindres, par suite de l'expansion de leur volume et sans qu'ils soient mis en rapport avec des corps de températures différentes de la leur de quantités finies, aussi bas que l'est celle de la vapeur d'eau à saturation, dans nos machines actuelles à très-grande détente, avant son écoulement au condenseur.

Que ceux qui cherchent à perfectionner les machines à feu aient ces principes présents à l'esprit; qu'ils se rappellent aussi que la nature du corps employé comme intermédiaire entre deux sources de chaleur, quand les organes de la machine sur lesquels il agit sont convenablement appropriés à ses variations de volume et de pression avec la température, n'a pas plus d'influence sur la quantité de chaleur convertissable en travail mécanique, que n'en ont, dans les machines mises en jeu par l'action de la gravité, la nature des corps qui tombent ou la figure de la trajectoire qu'ils décrivent dans leur chute : ils s'éviteront ainsi des tentatives dont l'insuccès peut être prévu à l'avance, du temps et de l'argent inutilement dépensés, et se

maintiendront dans la voie qui seule peut les mener au but vers lequel tendent leurs louables efforts.

XXXIII. Nous avons admis, dans le § XXX, que la vapeur d'eau à l'état de saturation et entièrement sèche se dilatait, sans addition ni soustraction de chaleur, et nous avons montré que l'expansion est alors accompagnée d'une liquéfaction partielle de vapeur. C'est à peu près ainsi que les choses doivent se passer dans les machines à vapeur ordinaires. Il n'est guère possible, en effet, de communiquer de la chaleur à la vapeur, dans l'acte de l'expansion qui a lieu trop rapidement pour que la vapeur se réchauffe sensiblement, dans son ensemble, aux dépens des parois des cylindres qui seraient à une température plus élevée. Toutefois il est intéressant d'examiner ce qui arriverait, s'il était possible de communiquer à la vapeur, durant l'expansion, la quantité de chaleur nécessaire pour prévenir toute liquéfaction et la maintenir constamment au point juste de la saturation correspondante à sa température décroissante. La solution de la question est donnée, sans difficulté, par l'équation (N) du § XXVIII (1).

$$dQ = cdt + d(mr) - \frac{mr dt}{a + t}.$$

En admettant que la vapeur reste constamment au point juste de saturation, sans qu'il y ait ni liquéfaction de vapeur ni vaporisation de l'eau liquide préexistante, l'équation précédente est applicable, en y supposant m constant et, par conséquent, $dm=0$; m sort alors de sous le signe de la différentiation et l'intégration nous donne :

$$Q = \int_0^t cdt + mr - m \int_0^t \frac{r dt}{a + t} + C.$$

En désignant par t_1 et t_2 les températures respectivement correspondantes au commencement et à la fin de l'expansion, par Q_1 et Q_2 les quantités de chaleur au-dessus de l'eau à 0° qu'il a fallu dépenser pour constituer la vapeur sèche ou humide à saturation à ces températures, nous avons les deux équations :

$$Q_1 = \int_0^{t_1} cdt + mr_1 - m \int_0^{t_1} \frac{r dt}{a + t} + C,$$

$$Q_2 = \int_0^{t_2} cdt + mr_2 - m \int_0^{t_2} \frac{r dt}{a + t} + C.$$

(1) Voir *Bulletin* de juin 1863, p. 357.

Retranchant la première équation de la seconde et désignant par q la différence $Q_2 - Q_1$, égale à la quantité de chaleur qu'aura dû recevoir la vapeur, durant l'acte de l'expansion, pour la maintenir au point de saturation sans qu'il se précipite de la vapeur ou s'évapore de l'eau liquide, la constante C introduite par l'intégration est éliminée et l'on a :

$$q = \int_{t_1}^{t_2} c dt + m (r_2 - r_1) - m \int_{t_1}^{t_2} \frac{r dt}{a + t};$$

r_2 et r_1 sont les chaleurs de vaporisation de l'eau respectivement correspondantes aux températures t_2 et t_1 .

On a, d'après M. Regnault

$$\int_{t_1}^{t_2} c dt = t_2 - t_1 + 0,00002 (t_2^2 - t_1^2) + 0,0000003 (t_2^3 - t_1^3),$$

$$r = 606,5 - (0,695 t + 0,00002 t^2 + 0,0000003 t^3);$$

d'où l'on tire :

$$\int \frac{r dt}{a + t} = \left[\begin{aligned} &(606,5 + 0,695 a - 0,00002 a^2 + 0,0000003 a^3) L. (a + t) \\ &- (0,695 - 0,00002 a + 0,0000003 a^2) t \\ &- (0,00001 - 0,00000015 a) t^2 \\ &- 0,0000001 t^3 \end{aligned} \right]$$

Remplaçant a par sa valeur 273, effectuant les calculs autant que possible et ayant égard aux limites t_1 et t_2 de l'intégrale définie, on a :

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{r dt}{a + t} = 800,848 L. \frac{273+t_2}{273+t_1} - 0,712 (t_2 - t_1) + 0,000031 (t_2^2 - t_1^2) - 0,0000001 (t_2^3 - t_1^3).$$

$$r_2 - r_1 = 0,695 (t_1 - t_2) + 0,00002 (t_1^2 - t_2^2) + 0,0000003 (t_1^3 - t_2^3);$$

substituant ces valeurs et réduisant, il vient :

$$q = \left[\begin{aligned} &t_2 - t_1 + 0,00002 (t_2^2 - t_1^2) + 0,0000003 (t_2^3 - t_1^3) \\ &+ m \left[0,017 (t_2 - t_1) - 0,000051 (t_2^2 - t_1^2) - 0,0000002 (t_2^3 - t_1^3) - 800,848 L. \frac{273+t_2}{273+t_1} \right] \end{aligned} \right]$$

Si nous faisons dans cette équation $m = 1$, q exprimera la quantité de chaleur que doit recevoir un kilogramme de vapeur à saturation et sèche à la température t_1 , pour

qu'elle demeure constamment au point juste de saturation et à son maximum de densité, sans qu'aucune partie de cette vapeur se liquéfie, tandis qu'elle se dilate jusqu'à ce que sa température soit devenue égale à t_2 , nécessairement moindre que t_1 , en exerçant à chaque instant, sur les parois du vase qui la contient en s'agrandissant, la pression correspondante à l'état de saturation, aux températures successivement décroissantes comprises entre t_1 et t_2 . Nous trouvons, toute réduction faite :

$$q = 1,017(t_2 - t_1) - 0,000031(t_2^2 - t_1^2) + 0,0000001(t_2^3 - t_1^3) - 800,848 \text{ L. } \frac{273 + t_2}{273 + t_1} \quad (a).$$

Remarquons, en passant, que cette valeur de q est celle de l'intégrale définie

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{r dt}{273 + t} \text{ prise avec le signe } - \text{ et augmentée de } 0,505(t_2 - t_1). \text{ C'est une consé-}$$

quence qu'on aurait pu tirer directement de l'équation différentielle :

$$dQ = c dt + d(mr) - \frac{m r dt}{a + t}, \text{ qui, en y faisant } m = 1, \text{ se réduit à}$$

$$dQ = c dt + dr - \frac{r dt}{a + t}, \text{ en observant que } r = 606,5 + 0,505 t - \int c dt, \text{ et que,}$$

par conséquent, $dr + c dt = 0,505 dt$.

L'équation (a) s'applique également au cas où la vapeur à saturation et à la température t_1 serait comprimée par un travail mécanique extérieur jusqu'à ce que sa température fût devenue égale à t_2 supérieur à t_1 . q , dans cette hypothèse, prendrait une valeur négative, qui exprimerait numériquement la quantité de chaleur à soustraire pour que cette vapeur reste au point de saturation et ne soit pas suréchauffée pendant la compression.

La quantité de travail mécanique externe développé par ou exercé sur la vapeur, pendant qu'elle change de volume en restant constamment à l'état de saturation, sans liquéfaction de vapeur ni vaporisation d'eau, est facile à déterminer. Si, en effet, on retranche de la chaleur élémentaire dQ ajoutée à la vapeur l'accroissement correspondant dr de la chaleur interne, la différence positive ou négative $dQ - dr$ sera la chaleur disparue et convertie en travail mécanique, ou créée par le travail appliqué à la compression. Ce travail élémentaire sera, par conséquent, égal à :

$$\frac{1}{A} (dQ - dr) = 424 (dQ - dr).$$

Or, en retranchant membre à membre l'équation (M) de l'équation (N) du § XXVIII (1), on a :

(1) Voir le *Bulletin* de juin, déjà cité.

$$dQ - d\gamma = d(m \Lambda p u) - \frac{mr}{a+t} dt.$$

Le travail mécanique élémentaire équivalent à la chaleur $dQ - d\gamma$ étant désigné par $d\Theta$, nous aurons :

$$d\Theta = \frac{1}{\Lambda} \left[d(m \Lambda p u) - \frac{mr}{a+t} dt \right].$$

Lorsque m est invariable :

$$d\Theta = \frac{1}{\Lambda} \times m \left[d(\Lambda p u) - \frac{r dt}{a+t} \right]$$

et l'intégration entre les limites de température t_1 et t_2 donne :

$$\Theta = \frac{1}{\Lambda} \times m \left[\Lambda p_2 u_2 - \Lambda p_1 u_1 - \int_{t_1}^{t_2} \frac{r dt}{a+t} \right]$$

$p_1, u_1; p_2, u_2$ désignant les valeurs de p et u respectivement correspondantes aux températures t_1 et t_2 . Remplaçant, dans l'expression précédente, $\Lambda p u$ par sa valeur

$$\text{B L. } \frac{a+t}{n} = 30,456 \text{ L. } \frac{273+t}{100}, \int_{t_1}^t \frac{r dt}{a+t} \text{ par la valeur déterminée précé-}$$

demment et $\frac{1}{\Lambda}$ par 424, il vient finalement :

$$\Theta = 424 \times m \left[0,712 (t_2 - t_1) - 0,000031 (t_2^2 - t_1^2) + 0,0000001 (t_2^3 - t_1^3) - 770,392 \text{ L. } \frac{273+t_2}{273+t_1} \right] \quad (b)$$

qui peut aussi être mise, en employant la valeur (a) de q , sous la forme :

$$\Theta = 424 m \left[q - 0,305 (t_2 - t_1) + 30,456 \text{ L. } \frac{273+t_2}{273+t_1} \right]$$

Appliquons les formules (a) et (b) au cas où un kilogramme de vapeur d'eau à saturation et à 150° se dilate jusqu'à ce que sa température soit abaissée à 50° , en recevant à chaque instant de l'extérieur la chaleur nécessaire pour qu'aucune partie de la vapeur ne se liquéfie et que la masse reste, pendant toute l'étendue de la détente, au point juste de saturation; il faut alors poser $t_1 = 150$, $t = 50$, et $m = 1$. Nous trouvons :

$$q = -101,70 + 0,62 - 0,325 + 216,005 = 114^{\text{cal.}},6,$$

$$\Theta = 424 (114,6 + 30,5 - 8,2146) = 424 \times 136,8854 = 58039^{\text{k} \times \text{m}}.$$

On voit que la chaleur convertie en travail mécanique est de $136^{\text{cal.}},8854$, tandis que la chaleur q ajoutée pendant la détente n'est que de $114^{\text{cal.}},6$. La différence, égale à $22^{\text{cal.}},2854$, a donc été prise sur la chaleur interne de la vapeur à l'état de saturation et à 150° .

Nous savions déjà que la chaleur interne de la vapeur à l'état de saturation augmente avec la température, et nous aurions pu calculer directement la partie de la chaleur interne qui est convertie en travail mécanique dans la détente d'un kilogr. de vapeur à saturation depuis la température de 150° jusqu'à celle de 50° , en partant de l'expression de la chaleur interne donnée dans les §§ XXV et XXVI :

$$606,5 + 0,0305 t - A_{pu}$$

$$\text{ou } 606,5 + 0,305 t - 30,456 \text{ L. } \frac{273 + t}{100},$$

en usant de la formule de Zeuner pour calculer A_{pu} .

En faisant successivement dans cette expression de la chaleur interne $t = 150$ et $t = 50$, et retranchant la seconde valeur de la première, la différence égale à la portion de chaleur interne disparue dans la détente est :

$$0,305 (t_1 - t_2) - 30,456 \text{ L. } \frac{273 + t_1}{273 + t_2} = 30,5 - 8,2146 = 22^{\text{cal.}},2854.$$

On a vu, § XXXI, qu'un kilogramme de vapeur à l'état de saturation et à 150° occupant un espace de $0^{\text{m}^3},5825$ sous une pression de $48690^{\text{k}},6$ par mètre carré, s'il se dilatait, sans addition de chaleur, jusqu'à ce que sa température fût abaissée à 50° , occuperait un volume de $9^{\text{m}^3},99$, le poids de vapeur à saturation et à 50° étant alors réduit à $0^{\text{k}},825$ par la précipitation de $0^{\text{k}},175$ d'eau liquide. L'excès de la chaleur interne de ce mélange de vapeur et d'eau à 50° , au-dessus d'un kilogramme d'eau liquide à 0° , serait :

Pour l'eau liquide, $0^{\text{k}},175 \times 50 =$	$8^{\text{cal.}},75$
Pour $0^{\text{k}},825$ de vapeur, $0,825 \left(606,5 + 0,305 \times 50 - 30,456 \text{ L. } \frac{323}{100} \right) =$	$483^{\text{cal.}},4837$
Total.	$492^{\text{cal.}},2337$

La vapeur à 150° , avant la détente, renfermait $608^{\text{cal.}},5264$, la chaleur disparue et convertie en travail serait donc $608,5264 - 492,2337 = 116^{\text{cal.}},0927$, à quoi correspond un travail mécanique de $424 \times 116,0927 = 49223^{\text{k} \times \text{m}},505$.

Lorsque la détente se fait avec addition de la chaleur nécessaire pour prévenir la précipitation d'eau liquide, sans que la vapeur soit suréchauffée, la vapeur à saturation et à 50° occupe un volume de $12^{\text{m}^3},11$ et le travail mécanique obtenu de l'expansion est, ainsi que nous venons de le voir, de $58039^{\text{k} \times \text{m}}$, supérieur seulement de $58059 -$

$49225 = 8816^{k \times m}$ à celui qui aurait été obtenu, si l'expansion avait eu lieu sans addition de chaleur. Or cette différence de $8816^{k \times m}$ est l'équivalent de $20^{\text{cal.}},8$ qui sont bien loin des $114^{\text{cal.}},6$ qu'on a dû ajouter à la vapeur, pour prévenir sa condensation partielle.

Il résulte de là que, lors même qu'il serait possible de prévenir par une addition de chaleur la précipitation de vapeur qui a lieu, pendant la détente, dans les cylindres des machines ordinaires, il serait très-désavantageux de le faire, au point de vue de l'économie de la chaleur. S'il est utile de maintenir les cylindres à la température de la chaudière, en les entourant d'enveloppes et mettant l'espace intermédiaire en communication avec l'intérieur de celle-ci, cela ne tient pas à ce que l'eau liquide entraînée ou celle qui se précipite pendant la détente est vaporisée par la chaleur venant de l'enveloppe. Le fait s'explique par l'influence des parois du cylindre qui, naturellement refroidies pendant la détente et la condensation, déterminent, à chaque introduction nouvelle, la liquéfaction immédiate d'une partie de la vapeur plus chaude qui vient se mettre en contact avec elles.

Si, à l'inverse du cas que nous avons examiné en détail, un kilogramme de vapeur à l'état de saturation est comprimé lentement par une force mécanique extérieure, nous savons que la vapeur se suréchauffera, avec la diminution du volume et l'élévation de la température. Pour maintenir la vapeur au point juste de saturation, sans qu'il s'en précipite une partie, il faudrait lui enlever une quantité de chaleur qui serait déterminée par la formule (a), laquelle donne pour q une valeur négative, quand t_2 est plus grand que t_1 .

Si, par exemple, on suppose que la vapeur à saturation soit d'abord à la température de 50° et soit comprimée jusqu'à ce qu'elle ait atteint celle de 150° , il faudra, pour la maintenir à l'état de saturation, lui soustraire une quantité de chaleur précisément égale à celle qu'on aurait dû lui ajouter, si elle eût été d'abord à la température de 150° et s'était détendue jusqu'à 50° , pour prévenir toute condensation partielle, c'est-à-dire $114^{\text{cal.}},6$. La formule (b) donne le travail mécanique dépensé pour la compression : dans les circonstances indiquées, ce travail sera toujours plus grand que l'équivalent de la chaleur soustraite, une partie étant employée à créer l'excès de chaleur nécessaire pour constituer la vapeur à saturation à une température plus élevée que celle du point de départ. Ainsi, pour des températures initiale et finale respectivement égales à 50° et 150° , la chaleur équivalente au travail mécanique à dépenser pour la compression dépasserait de $22^{\text{cal.}},2854$ la chaleur soustraite.

XXXIV. Nous avons fait voir que la vapeur d'eau à saturation et parfaitement sèche se liquéfie partiellement ou passe à l'état de vapeur suréchauffée, suivant qu'elle augmente ou diminue de volume, sans addition ni soustraction de chaleur et en exerçant à chaque instant sur les parois du vase de capacité variable qui la renferme une pression égale à la force élastique qu'elle posséderait à l'état statique, eu égard à sa densité et à sa température actuelles. Des effets précisément contraires peuvent se produire, quand la vapeur, au lieu d'être sèche, est mélangée d'une certaine quantité d'eau liquide à la même température qu'elle. Ainsi nous avons montré, § XXX, que

1 kilog. d'eau entièrement liquide à 150° et sous la pression de 48690^k,6 par mètre carré se vaporise à mesure que la capacité qu'elle occupe s'agrandit, sous une pression graduellement décroissante, sans addition ni soustraction de chaleur, de telle sorte que, lorsque cette capacité est devenue égale à 0^m3,1558, elle renferme 0^k,9109 d'eau liquide et 0^k,0891 de vapeur à la température commune de 100° et sous la pression de 10553 kilog. par mètre carré, et qu'à l'inverse ce dernier mélange, en diminuant par une compression croissante le volume qu'il occupe, est réduit, sans addition ni soustraction de chaleur, en 1 kilog. d'eau entièrement liquide à 150° occupant un espace peu supérieur à 0^m3,001, sous la pression de 48690^k,6. Le mélange d'eau liquide et de vapeur à une température commune peut donc être en proportions telles qu'une dilatation ou une compression infiniment petites, sans addition ni soustraction de chaleur, n'y apportent aucun changement. L'équation $cdt + d(mr) - \frac{mrdt}{a+t} = 0$ du § XXIX qui s'applique à un mélange d'eau et de vapeur dont le volume varie, sans addition ni soustraction de chaleur, nous permet de les déterminer. Nous pouvons, en effet, remplacer $d(mr)$ par $mdr + rdm$, ce qui donne :

$$cdt + mdr + rdm - \frac{mr}{a+t} dt = 0.$$

Pour exprimer que les proportions d'eau et de vapeur ne changent pas, quand le volume et, par conséquent, la température du mélange varient infiniment peu, sans addition ni soustraction de chaleur, il suffit de faire $dm = 0$; il vient alors :

$$cdt + mdr - \frac{mr}{a+t} dt = 0,$$

d'où l'on tire :

$$m = \frac{cdt}{\frac{r}{a+t} dt - dr};$$

r étant une fonction de la variable t , on a $dr = \frac{dr}{dt} dt$. Substituant cette valeur et supprimant le facteur dt commun au numérateur et au dénominateur, on a :

$$m = \frac{c}{\frac{r}{a+t} - \frac{dr}{dt}} = \frac{c(a+t)}{r - (a+t) \frac{dr}{dt}}.$$

Or, d'après les expériences de M. Regnault :

$$c = 1 + 0,00004 t + 0,0000009 t^2,$$

et

$$r = 606,5 - (0,695 t + 0,00002 t^2 + 0,0000003 t^3);$$

par conséquent,

$$\frac{dr}{dt} = - (0,695 + 0,00004 t + 0,0000009 t^2);$$

portant ces valeurs et remplaçant a par 273, on a :

$$m = \frac{(1 + 0,00004 t + 0,0000009 t^2) (273 + t)}{796,235 + 0,01092 t + 0,0002657 t^2 + 0,0000006 t^3},$$

formule qui n'est applicable qu'entre les limites de température auxquelles s'étendent les expériences et formules empiriques de M. Regnault. m exprime la fraction pour laquelle la vapeur entre dans le poids total du mélange représenté par l'unité.

Les calculs numériques conduisent aux résultats inscrits dans le tableau suivant :

TEMPÉRATURES en DEGRÉS CENTIGRADES.	PROPORTIONS D'EAU ET DE VAPEUR pour lesquelles une variation de volume infiniment petite, sans addition ni soustraction de chaleur, ne donne lieu à aucune liquéfaction de vapeur ou vaporisation d'eau.	
	VAPEUR.	EAU.
0°	0,343	0,657
50°	0,407	0,593
100°	0,472	0,528
150°	0,539	0,461
200°	0,604	0,396

La proportion de vapeur qui doit exister dans le mélange va en croissant avec la température. L'accroissement de volume étant toujours accompagné d'un abaissement et la diminution de volume d'une élévation de la température, il en résulte que, si la proportion de vapeur indiquée dans le tableau précédent pour une température donnée est atteinte ou dépassée, la dilatation du mélange, à chaleur constante, sera accompagnée d'une liquéfaction partielle de la vapeur, tandis que sa compression sera accompagnée de la vaporisation partielle de l'eau liquide ou du suréchauffement de la vapeur, dès qu'il ne restera plus d'eau liquide. Le contraire aura lieu, c'est-

à-dire que la dilatation aura pour résultat une vaporisation de l'eau liquide et la compression une liquéfaction de la vapeur, quand la proportion de vapeur contenue dans le mélange sera inférieure à celle qui figure au tableau pour la température donnée.

XXXV. Il est extrêmement rare que, dans les machines usitées, la quantité d'eau entraînée par la vapeur sortant du générateur atteigne la proportion nécessaire, d'après le tableau du § précédent, pour que la détente, sans addition ni soustraction de chaleur, ne donne pas lieu à la précipitation d'une partie de la vapeur, au lieu de produire, comme on le croit encore assez généralement, la vaporisation totale ou partielle de l'eau liquide entraînée. La quantité d'eau liquide augmente donc pendant la détente, et cette circonstance a une influence favorable sur l'effet utile de la machine, parce qu'elle augmente la quantité de chaleur convertie en travail mécanique. M. le professeur Zeuner a calculé, d'après ses formules, les quantités de travail que fournit une même quantité de chaleur transmise à la chaudière d'une machine recevant de la vapeur à la pression de 6 atm. et à la température de $152^{\circ},9$, qui se détend jusqu'à la température de $111^{\circ},7$, lorsque le piston supporte une contre-pression d'une atm. $1/4$, selon que la vapeur est absolument sèche ou chargée d'eau dans la proportion de $1/10$ du poids total. Ayant trouvé que le travail obtenu doit être le même dans l'un et l'autre cas, il croit pouvoir en conclure que l'entraînement d'eau par la vapeur n'a aucune influence nuisible dans les machines à détente. M. Hirn fait remarquer que ce jugement est confirmé par plusieurs des expériences faites sous la direction de la Société industrielle de Mulhouse. La question a une importance pratique assez grande pour mériter d'être approfondie. Les deux exemples suivants montreront la manière de la résoudre dans chaque cas et feront voir la diversité des solutions qu'elle comporte.

Considérons d'abord une machine à haute pression, sans condenseur, qui reçoit de la vapeur à saturation et à 150° sous la pression de $48690^k,6$ par mètre carré, où la vapeur est détendue, sans addition ni soustraction de chaleur, jusqu'à ce que sa température se soit abaissée à 100° et sa force élastique à 10535 kilog. par mètre carré et où cette vapeur est ensuite rejetée dans l'atmosphère, après toutefois qu'on a utilisé une partie de sa chaleur pour porter à 100° la température de l'eau d'alimentation. Nous avons vu, dans les §§ XXX et XXXI, que, si la vapeur arrive dans le cylindre de la machine parfaitement sèche, chaque kilogramme de vapeur dépensée exigera théoriquement une dépense de chaleur de $551^{cal},84$ transmise à l'intérieur de la chaudière, dont $62^{cal},2414$ seront converties en travail mécanique.

Admettons maintenant que cette même machine reçoive de la vapeur entraînant de l'eau liquide dans la proportion de $\frac{30}{100}$ du poids total du mélange et calculons quelles seront, dans ce cas, les quantités de chaleur théoriquement transmise à la chaudière et convertie en travail mécanique, par chaque kilogramme de vapeur mélangée d'eau arrivant dans le cylindre.

Un kilogramme de vapeur humide composé de $0^k,70$ de vapeur et $0^k,30$ d'eau

à 150°, sous la pression de 48690^k,6 par mètre carré, occupera, en négligeant le volume de l'eau liquide, un espace de $0^{\text{m}^3},5825 \times 0,7 = 0^{\text{m}^3},26775$. La chaleur qui devra être transmise à l'intérieur de la chaudière, pour constituer ce mélange, en admettant que l'eau d'alimentation soit à la température de 100°, sera exprimée, d'après les formules de M. Regnault, par le nombre :

$$\left| 50 + 0,00002 \times (\overline{150}^2 - \overline{100}^2) + 0,0000003 (150^3 - 100^3) + 0,7 \left[606,5 - (0,695 \times 150 + 0,00002 \times \overline{150}^2 - 0,0000003 \times \overline{150}^3) \right] \right| = 401^{\text{cal.}},51375.$$

Ce sera ce que nous appellerons la chaleur dépensée par kilogramme de vapeur humide.

Le volume se détend lentement jusqu'à la température de 100°, sans addition ni soustraction de chaleur et en exerçant à chaque instant sur le piston une pression égale à la force élastique de la vapeur à l'état de saturation et à la température actuelle. La quantité pondérale de vapeur subsistante à la fin de l'expansion doit être calculée par la formule du § XXX.

$$\int_0^t \frac{cdt}{a+t} + \frac{mr}{a+t} + C = 0.$$

A l'origine de l'expansion, nous avons $t = 150$ et $m = 0,70$, ce qui donne :

$$(a') \quad \int_0^{150} \frac{cdt}{a+t} + 0,7 \times \frac{r_1}{a+150} + C = 0.$$

A la fin de l'expansion $t = 100$ et m désignant la quantité de vapeur qui subsiste encore, nous avons :

$$(b') \quad \int_0^{100} \frac{cdt}{a+t} + \frac{mr_2}{a+100} + C = 0.$$

Retranchant (b') de (a') , il vient :

$$\int_{100}^{150} \frac{cdt}{a+t} + 0,7 \times \frac{r_1}{a+150} - \frac{mr_2}{a+100} = 0;$$

d'où

$$m = \frac{a + 100}{r_2} \left[\int_{100}^{150} \frac{cdt}{a + t} + 0,7 \times \frac{r_1}{a + 150} \right]$$

et en substituant les valeurs de $\int_{100}^{150} \frac{cdt}{a + t}$, r_1 , r_2 et a dont nous avons déjà fait usage

dans le § XXX,

$$m = 0,69525 (0,128194 + 0,7 \times 1,1839) = 0^k,6653.$$

La quantité de vapeur condensée pendant l'expansion est donc de $0,70 - 0,6653 = 0^k,0347$, soit environ 5 pour 100 du poids de la vapeur existante, quand elle a commencé. Le kilog. de vapeur à l'état de saturation, à 100° , et sous la pression de 10333^k par mètre carré, étant de $1^{m^3},646$, la vapeur humide occupera, après l'expansion terminée, en négligeant l'eau liquide, un espace de $1^{m^3},646 \times 0,6653 = 1^{m^3},0951$, qui est au volume primitif dans le rapport de 4,09 à 1. Si la vapeur eût été primitivement sèche, un abaissement de température de 150 à 100° eût exigé que le volume final fût au volume initial dans le rapport un peu moindre de 5,92 à 1.

La chaleur interne de la vapeur, au moment où la détente a commencé, était (voyez le § XXX) :

Pour $0^k,30$ d'eau liquide à 150°	$0,30 \times 151,4625 = 45^{cal.},45875$
Pour $0^k,70$ de vapeur à 150° : $0,70 (606,5 + 0,305 \times 150 - 43,9236) =$	$425^{cal.},82848$
Total.	<u>$471^{cal.},26723$</u>

Au moment où la détente est terminée, la chaleur interne de la vapeur humide est :

Pour $0^k,3347$ d'eau liquide à 100°	$0,3347 \times 100,5 = 33^{cal.},63735$
Pour $0^k,6653$ de vapeur à 100° : $0,6653 (606,5 + 0,305 \times 100 - 40,09) =$	$396^{cal.},04978$
Total.	<u>$429^{cal.},68713$</u>

La chaleur convertie en travail est donc $471,26723 - 429,68713 = 41^{cal.},5801$. Le travail correspondant est de $424 \times 41,5801 = 17629^{k \times m},96$.

Le travail dû à la formation de la vapeur humide qui a pris un volume de $0^{m^3},26775$ en exerçant une pression constante de $48690^k,6$ par mètre carré est de : $48690^k,6 \times 0,26775 =$ $13036^{k \times m},91$

Le travail total est donc $17629,96 + 13036,91 =$ $30666^{k \times m},87$ dont il faut retrancher le travail résistant dû à la contre-pression de l'atmosphère, savoir $10333^k \times 1^{m^3},0951 =$ $11315^{k \times m},67$

Le travail théorique définitivement obtenu est donc de $30666^{k \times m},87 - 11315^{k \times m},67 = 19351^{k \times m},20$; c'est l'équivalent de $45^{cal.},64$. La chaleur transmise à la chaudière

étant, ainsi qu'on l'a vu, de $401^{\text{cal.}},51375$, le rapport théorique de la chaleur utilisée à la chaleur dépensée est $\frac{45,64}{401,51} = 0,1136$, exactement le même, à la quatrième décimale près, que celui que nous avons trouvé, § XXXI, dans le cas où la machine reçoit de la vapeur complètement dépouillée d'eau à la même température de 150° .

Pour peu que l'on ait suivi avec attention les raisonnements et les calculs qui précèdent, on aura remarqué que l'égalité du rapport de la chaleur convertie en travail à la chaleur dépensée, quand la vapeur d'eau est sèche et quand elle entraîne 30 p. 100 d'eau liquide, provient de causes agissant en sens inverse les unes des autres et dont les effets se compensent mutuellement. Ainsi, quand la vapeur d'eau est sèche, la partie qui se précipite et abandonne la chaleur de vaporisation, pendant la détente, est une fraction plus grande du poids total ; d'un autre côté, l'eau liquide mêlée à la vapeur et qui se refroidit en même temps que celle-ci, abandonne une partie de l'excès de sa chaleur interne au-dessus de l'eau à 0° à peu près proportionnelle à l'abaissement de sa température et beaucoup plus grande que la partie de la chaleur interne au-dessus de 0° abandonnée par un poids égal de vapeur.

L'allure de la machine sera d'ailleurs très-peu différente, suivant qu'elle reçoit de la vapeur sèche ou de la vapeur chargée d'eau dans la proportion de 30 pour 100 du poids total, si l'on veut que les quantités de chaleur dépensée et de travail moteur réalisé soient les mêmes dans un même espace de temps. Nous avons déjà observé que la détente doit être un peu amplifiée, dans le cas où la vapeur est chargée d'eau. Ainsi il faudra, abstraction faite des espaces nuisibles, intercepter l'admission, lorsque le piston aura parcouru la fraction $\frac{1}{4,09}$ de la course entière, tandis qu'avec la vapeur sèche elle devra être inter-

ceptée seulement lorsqu'il en aura parcouru la fraction $\frac{1}{3,92}$. La formation d'un kilogramme de vapeur sèche et à saturation à 150° exige, avons-nous dit, que la chaudière alimentée d'eau à 100° reçoive $551^{\text{cal.}},84$, tandis qu'un kilogramme de vapeur chargée d'eau dans la proportion de 30 pour 100 du poids total n'exige, l'eau alimentaire étant toujours prise à 100° , que $401^{\text{cal.}},51375$ transmises à l'intérieur de la chaudière. Il résulte de là que, pour une même quantité de chaleur transmise à la chaudière, les poids de vapeur chargée d'eau et de vapeur sèche fournis par celle-ci seront entre eux respectivement comme les nombres $551,84$ et $401,51375$; mais les poids spécifiques de la vapeur humide, l'eau formant les 30 pour 100 du poids total et de la vapeur sèche, sont entre eux sensiblement dans la proportion de 100 à 70; donc les volumes de vapeur chargée d'eau et de vapeur sèche fournis par la chaudière, pour une même quantité de chaleur reçue, seront entre eux dans le rapport de $\frac{551,84}{100}$ à $\frac{401,51375}{70}$, soit, en nombres ronds, de 552 à 574. Si la machine est réglée, comme cela

doit être, de manière que le cylindre reçoive $\frac{1}{4,09}$ de la capacité engendrée par la course du piston en vapeur chargée d'eau, et $\frac{1}{3,92}$ de la même capacité en vapeur absolument

sèche, les nombres de coups de piston nécessaires pour dépenser, dans des intervalles de temps égaux, des volumes de vapeur respectivement proportionnels à 552 et 574 de vapeur chargée d'eau et de vapeur sèche, seront entre eux comme $552 \times 4,09 : 574 \times 3,92$, comme 225768 : 225008, c'est-à-dire sensiblement égaux. La seule différence d'allure indiquée par la théorie consiste donc à supprimer un peu plus tôt l'admission et à augmenter très-légèrement la vitesse de la machine, quand elle reçoit de la vapeur chargée d'eau au lieu de vapeur sèche; différence qui ne peut être défavorable à l'emploi de la vapeur humide.

Si l'on fait le calcul du travail théorique produit par une machine à détente et à condenseur, dans laquelle la vapeur à 150° chargée d'eau dans la proportion de $\frac{30}{100}$ du poids total se détendrait de 150° à 60° et serait ensuite rejetée dans un condenseur maintenu à la température constante de 50°, on trouve les résultats suivants :

Un kilogramme de cette vapeur humide, occupant un volume de 0^{m3},26775 à 150° et sous la pression de 48690^k,6 par mètre carré avant le commencement de la détente, sera composé, après la détente, de 0^k,368 d'eau à 60° et de 0^k,632 de vapeur à 60° et à la pression de 148^{mm},786 de mercure ou 2022^k,9 par mètre carré. Le volume occupé par la vapeur après la détente sera de 4^{m3},855, lequel est au volume primitif dans le rapport de 18,43 à 1.

La quantité de chaleur interne contenue dans la vapeur, avant la détente, est de. 471^{cal.},26723

Après la détente, la quantité de chaleur du mélange formé de 0^k,632 de vapeur et 0^k,368 d'eau liquide est de. 393^{cal.},8489

La quantité de chaleur convertie en travail mécanique est donc. . . 77^{cal.},41853

Elle équivaut à. 52825^{k × m},37

Ajoutant la quantité de travail due à la formation de la vapeur. . . 15056 ,91

on a pour la totalité du travail moteur développé. 45862 ,28

dont il faut soustraire, pour le travail résistant produit par la contre-pression du condenseur, $1250^k,6 \times 4,855 =$ 6071 ,66

On a donc pour le travail théorique utilisé. 59790^{k × m},62
qui équivalent à 95^{cal.},846.

La chaleur transmise à la chaudière alimentée avec de l'eau à 50°, pour obtenir un kilog. du mélange formé de 0^k,70 de vapeur à 150° et 0^k,30 d'eau, est de 500^{cal.},7875.

Le rapport de la chaleur utilisée à la chaleur dépensée est donc de $\frac{95,846}{500,7875} = 0,187$.

Si la machine recevait de la vapeur sèche, qui se détendît entre les mêmes limites de température de 150° à 60° et en surmontant la même contre-pression, le volume, après la détente, serait égal (§ XXXI) à $\frac{6,4591}{0,3825} = 16,89$ fois le volume avant la détente, et le rapport théorique de la chaleur utilisée à la chaleur dépensée serait 0,213, au lieu de 0,187 que nous venons de calculer. L'entraînement d'eau, dans une proportion aussi forte que 50 pour 100 du poids total, est donc nuisible dans les machines

où la détente est poussée aussi loin que possible. Il occasionnerait, dans les conditions définies ci-dessus, pour une même quantité de travail mécanique obtenu, une dépense de chaleur et, par conséquent, de combustible supérieure de $\frac{0,213-0,187}{0,187} = 0,14$ à celle qu'exigerait l'emploi de la vapeur sèche. Quant aux allures de la machine, pour qu'elle donnât, dans des temps égaux, des quantités égales de travail, en usant de la vapeur sèche ou de la vapeur chargée d'eau dans la proportion de 30 pour 100 du poids total, elles offriraient les différences suivantes. La détente pour la vapeur humide devrait être plus étendue que pour la vapeur sèche dans le rapport de 18,13 à 16,89, c'est-à-dire que, si elle avait lieu dans un seul cylindre, l'admission devrait être arrêtée lorsque le piston aurait parcouru la fraction $\frac{1}{16,89}$ de sa course dans le cas de la vapeur sèche, et la fraction $\frac{1}{18,13}$ dans le cas de la vapeur chargée d'eau.

Un kilogramme de vapeur sèche exige une dépense de $551^{\text{cal.}},84$ transmises à la chaudière ; un kilogramme de vapeur chargée d'eau, une dépense de $401^{\text{cal.}},81$.

Comme les 0,187 de la chaleur sont convertis en travail mécanique dans le cas de la vapeur chargée d'eau, tandis que 0,213 de la même chaleur sont utilisés dans le cas de la vapeur sèche, il faudra que la chaudière qui fournit la vapeur chargée d'eau reçoive $551^{\text{cal.}},84 \times \frac{0,213}{0,187} = 551^{\text{cal.}},84 \times 1,14 = 629^{\text{cal.}},0976$, dans le même intervalle de temps où celle qui fournit de la vapeur sèche ne recevra que $551^{\text{cal.}},84$ et émettra un kilogramme de vapeur sèche. Or $629^{\text{cal.}},0976$ donneront lieu à la formation de $\frac{629,0976}{401,81} = 1^{\text{kilog.}},57$ de vapeur chargée d'eau. Les volumes de vapeur sèche et de vapeur chargée d'eau à dépenser dans un même intervalle de temps seront, en conséquence, respectivement proportionnels à 1×100 et $1,57 \times 70$, c'est-à-dire comme $100 : 109,9$. Les volumes de vapeur sèche et humide à dépenser par chaque coup de piston sont d'ailleurs entre eux respectivement comme $\frac{1}{18,13} : \frac{1}{16,89}$, ou comme 16,89 est à 18,13. En conséquence, les nombres des coups de piston dans un temps donné devront être comme $16,89 \times 100 : 18,13 \times 109,9$, ou comme $1 : 1,18$, suivant que la machine recevra de la vapeur sèche ou chargée d'eau. La vitesse de marche devra donc être augmentée, dans ce dernier cas, dans le rapport de 100 à 118.

On voit, par ces deux exemples, que l'entraînement d'eau, même en très-forte proportion, par la vapeur n'exerce aucune influence sensible ni sur l'effet utile, ni sur l'allure des machines ordinaires, où la vapeur ne s'étend que dans un espace égal à quatre ou cinq fois son volume primitif. La seule différence notable consiste en ce que, pour un même travail obtenu et une dépense égale de combustible, la chaudière qui fournit de la vapeur chargée d'eau produit en apparence, non en réalité, une vaporisation plus forte.

Mais l'entraînement d'eau est nuisible dans les machines à très-grande détente, où l'expansion de la vapeur serait de quinze à vingt fois son volume. La présence

de l'eau en forte proportion dans la vapeur peut alors accroître la dépense de combustible d'environ 14 pour 100, et exige, en outre, que la vitesse du piston soit augmentée à peu près dans le même rapport.

XXXVI. Nous avons supposé, dans tout ce qui précède, que la vapeur, en augmentant de volume, exerce constamment sur les parois mobiles du vase qui la contient et éprouve de la part de celles-ci une pression égale à la force élastique qu'elle posséderait à l'état statique, en raison de sa température actuelle et de l'état de saturation. Les questions relatives aux cas où cette condition n'est pas satisfaite ne présentent pas plus de difficultés. Si l'on connaît l'état initial et l'état final de la vapeur à saturation, soit pure, soit mêlée d'eau, c'est-à-dire son volume et sa température ou sa pression, on en conclura les quantités totales de chaleur interne qu'elle renferme au commencement et à la fin, et la différence sera l'équivalent calorifique du travail mécanique développé en passant du premier état au second. Inversement l'état initial étant connu, ainsi que le travail mécanique extérieur développé par ou exercé sur la vapeur pendant le changement d'état, on pourra en conclure la quantité de chaleur interne que contient la vapeur, à la suite de ce changement.

Concevons, par exemple, qu'un kilogramme de vapeur humide composé d'un poids m de vapeur et $1 - m$ d'eau liquide à la température t et sous la pression correspondante p soit contenu dans un vase imperméable à la chaleur, lequel sera séparé par une cloison d'un autre vase également imperméable à la chaleur et d'une capacité connue C , dans l'intérieur duquel existe un vide absolu. On supprime brusquement la cloison qui sépare la vapeur de l'espace vide. La vapeur s'y répand et son volume augmente d'autant, sans qu'il y ait addition ni soustraction de chaleur. On demande quel sera l'état final de la vapeur à la suite de cet accroissement de volume, après que tout mouvement aura cessé dans la masse

L'expansion de la vapeur, dans les circonstances que nous venons d'indiquer, n'ayant été accompagnée d'aucun travail mécanique extérieur, la quantité de chaleur interne à l'état final devra être exactement égale à la quantité de chaleur interne qui existait dans l'état initial. Or celle-ci était, d'après les formules dont nous avons fait un si fréquent usage :

$$m [606,5 + 0,305 - A p u] + (1 - m) \int_0^t c dt.$$

Appelant x la quantité pondérale de vapeur et $1 - x$ la quantité d'eau liquide qui existent à l'état final, τ la température et π la pression finales, l'expression de la quantité interne de chaleur sera alors :

$$x (606,5 + 0,305 \tau - A \pi u') + (1 - x) \int_0^{\tau} c dt,$$

et l'on devra avoir :

$$(a) \quad x(606,5 + 0,305\tau - A\pi u') + (1-x) \int_0^{\tau} c dt = m(606,5 + 0,305t - A\pi u) + (1-m) \int_0^t c dt.$$

$A\pi u'$ est, d'ailleurs, lié à la température τ par la formule empirique de Zeuner :

$$A\pi u' = 30,456 \text{ L. } \frac{a + \tau}{100}.$$

Cette valeur étant portée dans l'équation (a), celle-ci contiendra encore deux inconnues, x et τ . Il faut donc une seconde relation pour les déterminer l'une et l'autre. Cette relation résulte de ce que le volume final occupé par la vapeur est égal au volume initial, que nous pouvons calculer avec les données de la question, augmenté de la capacité C de l'espace primitivement vide où la vapeur s'est répandue et de l'excès du volume qu'occupait l'eau liquide existante au commencement sur celui qu'elle occupe à la fin, excès qui est, en négligeant la petite dilatation de l'eau liquide, égal à $x - m$ litres, ou $0^{\text{m}3},001 (x - m)$. Ce volume pourra généralement être négligé, du moins dans une première approximation, par rapport au volume total de la vapeur. Si donc nous appelons V le volume initial de la vapeur à la pression p et à la température t , $C + V$ sera son volume final. Or le poids de cette vapeur étant x , le volume d'un kilogramme de cette même vapeur serait $(C + V) \times \frac{1}{x}$.

Pour chaque valeur de x , la table calculée par M. Zeuner et que nous avons reproduite § XXVI (1) donne les valeurs correspondantes de la température τ , et réciproquement pour chaque valeur de τ la valeur correspondante de $(C + V) \times \frac{1}{x}$ et par conséquent de x , ce qui permet de résoudre l'équation (a) par une suite de tâtonnements. L'exemple suivant éclaircira ce qui précède :

Un kilogramme de vapeur humide formé de $0^{\text{k}},9$ de vapeur et $0^{\text{k}},1$ d'eau, le tout à la température de 150° et sous la pression de $48690^{\text{k}},6$ par mètre carré, occupe un espace qui, en négligeant le volume de l'eau liquide, est égal à $0,9 \times 0^{\text{m}3},3835 = 0,304515$. Imaginons que cette vapeur soit mise brusquement en communication complète avec un espace vide d'un mètre cube d'étendue, dans lequel elle se répand. Quelles seront, sous le nouveau volume de $1^{\text{m}3},304515$, la température, la pression et la composition de l'ensemble en vapeur à l'état de saturation et en eau liquide ?

Le second membre de l'équation (a), en y substituant les valeurs numériques qui sont les données de la question, savoir : $m = 0,9$, $t = 150^{\circ}$, $A\pi u = 30,456 \text{ L. } 4,23$

$$\text{et } \int_0^t c dt = 150 + 0,00002 \times \overline{150}^2 + 0,0000003 \times \overline{150}^3 = 151,4625, \text{ se réduit à}$$

(1) Voir *Bulletin* de juin, p. 351.

562,64001. On a, par conséquent :

$$x \left[606,5 + 0,305 \tau - A \pi u' \right] + (1 - x) \int_0^{\tau} c dt = 562,64001.$$

En réunissant les termes du premier membre qui sont multipliés par l'inconnue x , il vient :

$$x \left[606,5 + 0,305 \tau - A \pi u' - \int_0^{\tau} c dt \right] + \int_0^{\tau} c dt = 562,64001.$$

Or le facteur entre parenthèses qui multiplie x n'est pas autre chose que l'excès de chaleur interne d'un kilogramme de vapeur à saturation et à τ° au-dessus de l'eau liquide à la même température τ ; c'est la quantité qui, dans le tableau calculé par M. le professeur Zeuner et que nous avons reproduit § XXVI, est désignée par la lettre ϱ et inscrite dans la colonne verticale 7 du tableau. En désignant par ϱ_τ la valeur de ϱ correspondante à la température τ , l'équation prend la forme très-simple :

$$x \varrho_\tau + \int_0^{\tau} c dt = 562,64001. \quad (b)$$

Il s'agit de trouver des valeurs correspondantes de x et de τ qui satisfassent à la fois à l'équation précédente, et à la condition que la température τ soit celle de la vapeur d'eau à saturation, sous un volume spécifique égal à $\frac{1^{\text{m}^3},34515}{x}$ (j'appelle volume spécifique le volume d'un kilogramme de vapeur d'eau sèche à l'état de saturation, à la température τ). Or, x étant toujours une fraction, $\frac{1,34515}{x}$ est nécessairement plus grand que $1^{\text{m}^3},34515$ et à *fortiori* que $0^{\text{m}^3},3835$ qui est le volume spécifique de la vapeur d'eau à saturation et à 150° . Comme l'accroissement de ce volume spécifique entraîne un abaissement de la température, il s'ensuit que τ est nécessairement plus petit que 150° , c'est-à-dire que l'expansion a été accompagnée d'un abaissement de température. Or l'équation (b) est satisfaite, lorsque l'on y fait $x = 0^{\text{k}},9$ et $\tau = 150^\circ$, le volume spéci-

fique de la vapeur à saturation étant alors de $0^{\text{m}^3},3835$. Mais l'intégrale $\int_0^{\tau} c dt$ décroît

en même temps que la température; il en est de même de la quantité ϱ_τ , comme le

montrent les valeurs successives de ϱ inscrites dans le tableau de Zeuner, qui décroissent avec la température. τ étant plus petit que 150° , il faut que la valeur correspondante de x qui satisfait à l'équation (b) soit plus grande que $0^{\text{k}},9$; d'où l'on voit que l'expansion de la vapeur, dans les circonstances indiquées, est toujours accompagnée d'une va-

porisation partielle de l'eau liquide contenue dans l'ensemble. Ainsi la valeur cherchée de l'inconnue x est comprise entre $0^k,9$ et l'unité. Quant à la température τ , elle ne peut être plus élevée que celle qui correspond au volume $1^{\text{m}^3},54515$. Or l'inspection des valeurs de V inscrites dans la colonne 1 du tableau de Zeuner nous montre qu'aux valeurs $1^{\text{m}^3},5861$ et $1^{\text{m}^3},2855$, entre lesquelles se trouve compris $1^{\text{m}^3},54515$, correspondent respectivement les températures $105^{\circ},17$ et $107^{\circ},50$; donc la température τ est nécessairement inférieure à $107^{\circ},50$. D'un autre côté, puisque x est plus grand que $0^k,9$, le volume spécifique de la vapeur à la température cherchée τ est nécessairement plus petit que $\frac{1^{\text{m}^3},34515}{0,9} = 1^{\text{m}^3},4889$, nombre supérieur à la valeur $1,5861$ de V qui correspond à $105^{\circ},17$ et très-rapproché de $1^{\text{m}^3},5046$ qui correspond à $102^{\circ},68$. La température cherchée τ est donc inférieure à $105^{\circ},17$ et probablement voisine de $102^{\circ},68$. Nous sommes ainsi conduit à essayer d'abord si la température de $102^{\circ},68$ ne satisferait pas aux conditions de la question.

A une température $\tau = 102^{\circ},68$ correspond le volume spécifique de la vapeur à saturation $1^{\text{m}^3},5046$. Ce volume spécifique devant être égal à $\frac{1,34515}{x}$, la valeur de x

correspondante à $\tau = 102^{\circ},68$ est $x = \frac{1,34515}{1,5046}$. Cette fraction étant inférieure à $0,9$,

il en résulte que la valeur de x correspondante à $\tau = 102^{\circ},68$ est trop petite, que le diviseur $1,5046$ par lequel on a divisé $1,34515$ pour obtenir x est trop grand et que, par conséquent, la température essayée est trop basse. Ainsi la valeur de τ se trouve resserrée entre $102^{\circ},68$ et $105^{\circ},17$. Essayons donc la valeur $\tau = 105$.

Pour $\tau = 105$, on a :

$$\int_0^{\tau} c dt = 103 + 0,00002 \times \overline{103}^2 + 0,0000003 \times \overline{103}^3 = 103,54;$$

$$A_{pu} = 30,456 \text{ L. } \frac{273 + 103}{100} = 40,3365,$$

$$\varepsilon_{\tau} = 606,5 + 0,305 \times 103 - 40,3365 - 103,54 = 494,03846;$$

l'équation (b) devient, en conséquence,

$$x \times 494,03846 + 103,54 = 562,64001;$$

d'où l'on tire :

$$x = \frac{562,64001 - 103,54}{494,03846} = \frac{459,10001}{494,03846} = 0^k,9293.$$

Les valeurs précédentes de x et de τ répondront à la question, si le volume spécifique V de la vapeur à saturation et à 105° est égal à $\frac{1,34515}{0,9293} = 1^{\text{m}^3},4475$.

Pour déterminer la valeur de V correspondante à 103° , nous partons de la valeur $Apu = 40,3365$. La pression p propre à la vapeur à saturation et à 103° est, d'après les tables de M. Regnault, de $854^{\text{millim.}},55$ de mercure, ou $11615^{\text{k}},79$ par mètre carré. On a donc

$$u = \frac{40,3365 \times 424}{11615,79} = 1^{\text{m}^3},4724;$$

d'où

$$V = u + 0,001 = 1^{\text{m}^3},4734,$$

nombre plus grand que $1,4475$. La valeur $\tau = 103^\circ$ pèche par défaut, puisqu'elle nous conduit à une valeur du volume spécifique de la vapeur qui pèche par excès.

En essayant de la même manière $\tau = 104^\circ$, température à laquelle correspond une pression de $11896^{\text{k}},01$ par mètre carré et une valeur de Apu égale à $40^{\text{cal.}},41724$, on arrive à l'équation :

$$x \times 493,24898 = 458,08623; \text{ d'où } x = 0^{\text{k}},92871.$$

Le volume spécifique V de la vapeur à saturation et à 104° , calculé d'après les valeurs précédentes de p et de Apu , est :

$$V = \frac{Apu}{Ap} + 0,001 = \frac{40,41724 \times 424}{11896,01} + 0,001 = 1^{\text{m}^3},4416;$$

d'un autre côté, le quotient $\frac{1,34515}{0,92871} = 1^{\text{m}^3},4484$. La valeur $\tau = 104^\circ$ pèche par excès, puisqu'elle nous conduit à une valeur du volume spécifique qui pèche par défaut. La valeur exacte de τ est donc comprise entre 103 et 104 et beaucoup plus rapprochée de 104° ; car les deux nombres $1,4416$ et $1,4484$ ne diffèrent entre eux que par la troisième décimale, tandis que l'écart est beaucoup plus grand entre les deux nombres $1,4475$ et $1,4734$.

XXXVII. Si, au lieu de donner l'étendue de l'espace vide dans lequel se répand la vapeur mêlée d'eau liquide, on prenait, au contraire, cette étendue pour l'une des inconnues de la question, en se donnant, soit la température finale, soit la quantité d'eau qui doit être vaporisée à la suite de l'expansion, l'équation (a), ne renfermant plus qu'une seule inconnue x ou τ , serait résolue directement. On calculerait ensuite le volume spécifique V correspondant à la température τ donnée ou calculée et, par conséquent, l'étendue de l'espace vide, comme dans l'exemple suivant :

Un kilogramme de vapeur humide à 150° est composé de $0^{\text{k}},97$ de vapeur et $0^{\text{k}},03$ d'eau. On met brusquement le vase qui renferme cette vapeur en communication facile avec un espace vide. On demande quelle doit être l'étendue de cet espace pour que les 3 décagrammes d'eau soient complètement vaporisés, sans que la vapeur soit suréchauffée, et quelle sera alors la température du kilogramme de vapeur à saturation et sèche?

La solution est donnée par l'équation (a) du § précédent où nous devons poser :

$$t = 150^\circ, m = 0^k,97; 1 - m = 0^k,03; Apu = 30,456 \text{ L. } 4,23 = 43,9236 \\ \text{et } x = 1; 1 - x = 0.$$

Elle devient, en effectuant les calculs autant que possible :

$$606,5 + 0,305 \tau - 30,456 \text{ L. } \frac{273 + \tau}{100} = 594,62048. \quad (a)$$

Pour avoir une première valeur approchée de τ , il suffit de remarquer que $\text{L. } \frac{273 + \tau}{100} = \text{L. } 2,73 + \text{L. } \left(1 + \frac{\tau}{273}\right)$ et que $\frac{\tau}{273}$ étant notablement inférieur à 1, on peut remplacer $\text{L. } \left(1 + \frac{\tau}{273}\right)$ par le premier terme de son développement en série, c'est-à-dire par $\frac{\tau}{273}$. L'équation se réduit alors à :

$$606,5 + \tau \left(0,305 - \frac{30,456}{273}\right) - 30,456 \text{ L. } 2,73 = 594,62048,$$

d'où l'on tire, tout calcul fait : $\tau = 96^\circ,21$.

Cette valeur de τ est trop grande, car en prenant le premier terme du développement de $\text{L. } \frac{273 + \tau}{100}$, au lieu de la valeur exacte de ce logarithme, nous avons substitué au terme soustractif $30,456 \text{ L. } \frac{273 + \tau}{100}$ qui se trouve dans le premier membre de l'équation (a) une valeur trop grande, et l'inspection de l'équation montre que nous avons ainsi augmenté la valeur de τ , qui satisfait rigoureusement à cette équation.

Essayons donc si la valeur de $\tau = 96^\circ$ satisfera à l'équation :

On a,

$$606,5 + 0,305 \times 96 - 30,456 \text{ L. } \frac{273 + 96}{100} = 596,016;$$

596,016 étant $> 594,62048$, la valeur $\tau = 96^\circ$ est encore trop grande; car il est facile de voir que le premier membre de l'équation (a) varie dans le même sens que τ , tant que $273 + \tau$ est supérieur à 100°, comme cela a lieu ici.

Après quelques tâtonnements on trouve que pour $\tau = 90^\circ$ et 89° , on a respectivement,

$$606,5 + 0,305 \tau - 30,456 \text{ L. } \frac{273 + \tau}{100} = 594,685 \text{ et } 594,464.$$

Ces nombres comprenant entre eux 594,62048; donc la valeur cherchée est comprise entre 90° et 89° et plus rapprochée de 90° .

Le tableau de M. Zeuner et la formule empirique : $J = 573,34 + 0,2342 t$, du même auteur, § XXVI, donnent immédiatement une valeur de la température τ qui diffère fort peu de celle que nous venons de calculer. Le premier membre de l'équation (a) n'est, en effet, autre chose que la valeur de J , correspondante à la température inconnue τ , et qui, d'après M. Zeuner, est donnée par la formule : $J = 573,34 + 0,2342 \tau$. Quant au second membre de la même équation, si on veut l'exprimer au moyen de la table et des

formules de M. Zeuner, il suffit de remarquer qu'il est égal à $0,97 \times \vartheta_t + \int_0^t c dt$

où ϑ_t désigne la valeur de ϑ correspondante à la température donnée t de 150° , et où

$$\int_0^t c dt = \int_0^{150} c dt = 150 + 0,00002 \times \overline{150}^2 + 0,0000003 \times \overline{150}^3 = 151,4625. \text{ M. Zeuner}$$

exprime ϑ par la formule empirique $\vartheta = 575,03 - 0,7882 t$; on a donc :

$$0,97 \vartheta_t + \int_0^t c dt = 594,5585,$$

et, pour déterminer τ , l'équation :

$$573,34 + 0,2342 \tau = 594,5585;$$

d'où $\tau = 90^\circ,6$, au lieu d'un peu moins de 90° que nous avons obtenu en appliquant les formules mêmes de M. Regnault.

Prenant, pour la température cherchée, la valeur $\tau = 90^\circ$, les tables de M. Regnault donnent, pour la force élastique de la vapeur d'eau à saturation pour cette température, $525^{\text{millim.}},45$ de mercure ou $7144^k,05$ par mètre carré. Moyennant cette valeur de p , on déterminera le volume spécifique par la formule :

$$V = \frac{30,456 \text{ L.} \cdot \frac{273 + 90}{100}}{Ap} + 0,001,$$

et l'on trouve $V = 2^{\text{m}^3},531$.

Le volume primitif de la vapeur humide contenant en poids 97 pour 100 de vapeur et 3 pour 100 d'eau liquide était, en négligeant le volume de l'eau, $0,97 \times 0,5835 = 0^{\text{m}^3},372$; l'étendue de l'espace vide avec lequel cette vapeur devra être mise en communication, pour qu'elle passe à l'état de vapeur sèche saturant exactement l'espace total, est donc de $1^{\text{m}^3},959$. Elle occupe à la fin un volume à peu près égal à 6,27 fois le volume primitif, et sa température est tombée de 150° à 90° à très-peu près.

XXXVIII. Le calcul de la quantité d'eau nécessaire pour la condensation de la vapeur, à sa sortie du cylindre des machines pourvues d'un condenseur, nous offrira une

autre application des principes généraux de la théorie mécanique de la chaleur aux mélanges d'eau et de vapeur.

Désignons par t la température de la vapeur au moment où le cylindre qui la renferme est mis en communication avec le condenseur, par m et $1 - m$ les proportions pondérales de vapeur et d'eau liquide qui entrent dans sa composition. Soient τ la température fixe ou plutôt la température moyenne que l'on veut entretenir dans le condenseur, et π la pression en kilogrammes par mètre carré. π serait égale à la pression de la vapeur d'eau à l'état de saturation à la température donnée τ , et l'on trouverait sa valeur dans les tables de M. Regnault, si le condenseur ne renfermait pas, avec l'eau et la vapeur, une certaine quantité d'air amené par l'eau injectée elle-même ou qui a pénétré par les joints imparfaitement étanches de l'appareil. Toutefois nous ferons abstraction de cet air dans le calcul des quantités de chaleur internes contenues dans la vapeur et l'eau d'injection qui se mêlent dans le condenseur. Soient t' la température de l'eau d'injection nécessairement inférieure à τ ; P la pression atmosphérique en kilogrammes par mètre carré; q le poids cherché de l'eau d'injection à dépenser par chaque kilogramme de vapeur humide venant de la machine. Nous admettrons que q exprime en même temps le volume de l'eau d'injection en litres, de sorte que $\frac{q}{1000}$ sera son volume en mètres cubes.

Nous ferons les calculs comme si la vapeur venant des cylindres et l'eau d'injection affluaient d'une manière continue et régulière dans le condenseur, d'où la pompe à air extrairait aussi d'une manière continue toute l'eau résultant du mélange de l'eau d'injection et de la vapeur condensée, de telle sorte que la capacité du condenseur occupée par de la vapeur à la température donnée τ , dont la pression ajoutée à celle de l'air raréfié est désignée par π , resterait constante. Nous faisons ainsi abstraction des variations causées dans l'afflux de vapeur et l'extraction de l'eau par la nature du mouvement des pistons du cylindre à vapeur et de la pompe à air, qui doivent amener des variations correspondantes dans la température τ et la pression π , pour lesquelles nous adoptons les valeurs moyennes. Nous devons alors exprimer qu'un kilogramme de vapeur humide à la température t , mêlée à un poids d'eau liquide inconnu q à la température t' , doit se réduire à $q + 1$ kilogramme d'eau liquide à τ° et sous la pression π , en tenant compte non-seulement des quantités de chaleur interne de la vapeur et de l'eau venant respectivement du cylindre de la machine et de la bûche avec laquelle communique le condenseur, mais encore des quantités de chaleur équivalentes à la demi-force vive dont sont animées la vapeur et l'eau à leur arrivée dans le condenseur et, par conséquent, aux quantités de travail mécanique qui leur impriment les vitesses respectives d'arrivée.

Appelons J_t la quantité de chaleur interne au-dessus de l'eau à 0° d'un kilogramme de vapeur à saturation à la température t et V_t le volume spécifique correspondant. La quantité de chaleur interne contenue dans un kilogramme de vapeur humide sera :

$$m \times J_t + (1 - m) \int_0^t c dt,$$

ou, ce qui est la même chose,

$$m \vartheta_t + \int_0^t c dt.$$

en désignant par ϑ_t la chaleur interne du kilogramme de vapeur au-dessus de l'eau liquide à la même température t et sous la même pression. Le volume V de la vapeur mouillée sera, en négligeant le volume de l'eau liquide,

$$V = m V_t.$$

J_t , ϑ_t et V_t sont données par le tableau ou les formules empiriques de M. Zeuner, §XXVI.

La quantité de chaleur interne contenue dans le poids d'eau q à la température t' est,

$$q \int_0^{t'} c dt.$$

Le volume V ou $m V_t$ de vapeur doit surmonter, pour pénétrer dans le condenseur, la pression π qui y existe; le piston du cylindre de la machine qui refoule cette vapeur exerce sur elle et éprouve de sa part la même pression π ; le refoulement de la vapeur dans le condenseur exige donc l'application d'un travail externe égal à $\pi V = \pi m V_t$, et la quantité de chaleur équivalente à ce travail $\frac{1}{424} \times \pi m V_t$ s'ajoute à la chaleur interne que possédait la vapeur dans le cylindre, au moment de la mise en communication avec le condenseur.

L'eau d'injection est poussée dans le condenseur par l'excès $P - \pi$ de la pression atmosphérique sur la pression π . Cette pression donne lieu à un travail mécanique égal au produit $\frac{q}{1000} \times (P - \pi)$, qui se transforme en force vive, et cette force vive, en s'éteignant dans le condenseur, donne lieu au développement d'une quantité de chaleur équivalente: $\frac{1}{424} \times \frac{q}{1000} (P - \pi)$. L'équation qui nous donnera la valeur de q est, en conséquence,

$$m \vartheta_t + \int_0^t c dt + \frac{1}{424} \pi m V_t + q \int_0^{t'} c dt + \frac{q}{1000} \times \frac{1}{424} (P - \pi) = (q + 1) \int_0^{\tau} c dt,$$

Comme application numérique prenons :

$$t = 100^\circ, m = 0,90, \tau = 30^\circ, t' = 12^\circ; P = 10333^k.$$

Les formules empiriques de M. Zeuner nous donnent :

$$\xi = 573,03 - 0,7882 \times 100 = 494,21;$$

$$V_t = \frac{30,456 \text{ L.} \frac{273 + 10}{100}}{Ap} + 0,001 = \frac{424 \times 30,456 \text{ L.} \frac{3,73}{10333}}{10333} + 0,001 = 1^{\text{mc}},646.$$

(Ce nombre se trouve dans le tableau du § XXVI.)

$$\int_0^{100} cdt = 100,5.$$

On peut prendre :

$$\int_0^{t'} cdt = \int_0^{12} cdt = 12,$$

et

$$\int_0^{\tau} cdt = \int_0^{30} cdt = 30.$$

La pression de la vapeur d'eau à saturation et à 30° est de 31^{mm},548 de mercure, soit 429^k par mètre carré superficiel. π doit avoir une valeur plus grande; nous supposerons $\pi = 1000^k$. Ces substitutions opérées, l'équation nous donne $q = 28,86$.

Le mode de calcul dont il est fait habituellement usage aurait conduit à l'équation $637 + q \times 12 = (q + 1) 30$, d'où $q = 53^k,7$.

(*La suite prochainement.*)

ARTS MÉCANIQUES.

SUR UNE PRESSE HYDRAULIQUE (SYSTÈME HASWELL) AYANT FIGURÉ A L'EXPOSITION
UNIVERSELLE DE 1862. (Pl. 282.)

Parmi les machines envoyées à l'Exposition de Londres de 1862 par la Société autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'État, se trouvait une presse hydraulique pour forge construite d'après un système imaginé par M. Haswell et destinée, dans certains cas, à remplacer le travail du marteau et du laminoir par une pression d'une

grande énergie capable de mouler le fer dans des matrices. C'est cette presse que représente la planche 282.

Fig. 1. Vue longitudinale de la machine prise du côté du cylindre à vapeur.

Fig. 2. Plan de la machine avec section horizontale du cylindre à vapeur.

Fig. 3. Élévation de la presse dans un plan perpendiculaire à celui de la fig. 1.

Fig. 4. Section verticale passant par l'axe de la presse, suivant un plan perpendiculaire à celui de la fig. 3.

A, cylindre à vapeur horizontal.

B, tiroir du cylindre A.

C, C, petits cylindres à piston servant à régler le jeu du tiroir B.

D, D, tiges du piston du cylindre A.

E, E, pompes aspirantes et foulantes, dans lesquelles les tiges D prolongées jouent le rôle de pistons plongeurs.

F, F, tuyaux d'aspiration des pompes E.

G, G, récipients d'air servant à régulariser le jeu des pompes E.

H, H, tuyaux amenant l'eau refoulée dans le corps de la presse I.

I, corps en fonte de la presse présentant deux cylindres superposés, dans lesquels se meuvent deux pistons de diamètres différents, reliés par deux bielles parallèles.

J, piston inférieur dit *piston forgeur* (fig. 3 et 4).

K, piston supérieur de plus petit diamètre dit *contre-piston*, servant à opérer la remonte du piston forgeur après qu'il a exercé son action.

L, bielles verticales reliant les deux pistons J, K.

M, chabotte de l'enclume supportant le corps de la presse au moyen de quatre colonnes en fer.

N, N, conduits venus de fonte avec le corps de la presse (fig. 4); ils servent à conduire l'eau des pompes E aux deux cylindres de la presse et de ceux-ci au cylindre O.

O, cylindre recevant l'eau de la presse quand on fait remonter le piston forgeur. Il est divisé en deux parties par un piston, de telle sorte qu'en faisant agir la vapeur sous ce piston on peut renvoyer l'eau à la presse et faire ainsi descendre le piston forgeur; de cette manière, le travail de compression commence et est terminé ensuite par le jeu des pompes E.

P, P, soupapes à tige servant à ouvrir ou à fermer la communication entre les pompes E et la presse, et entre celle-ci et le cylindre O.

Q, Q, leviers de manœuvre des soupapes P.

R, R, petits cylindres à vapeur agissant sur les leviers Q par l'intermédiaire de bielles (fig. 1).

S, réservoir fournissant, par les tuyaux F, l'eau d'alimentation des pompes E, et recevant en même temps le trop-plein du cylindre O.

T, tuyau mettant en communication le cylindre O avec la presse.

Cela posé, voici comment fonctionne la machine : supposons le piston forgeur J en haut de sa course et la pièce à forger en place sur l'enclume avec la matrice ou étampe

Fig. 1.

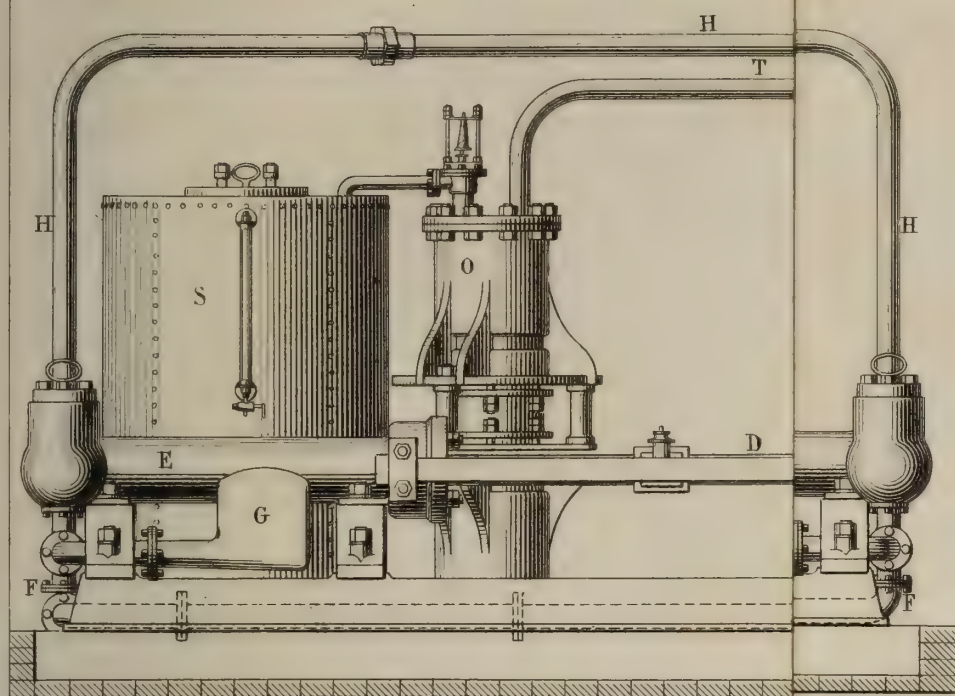


Fig. 2.

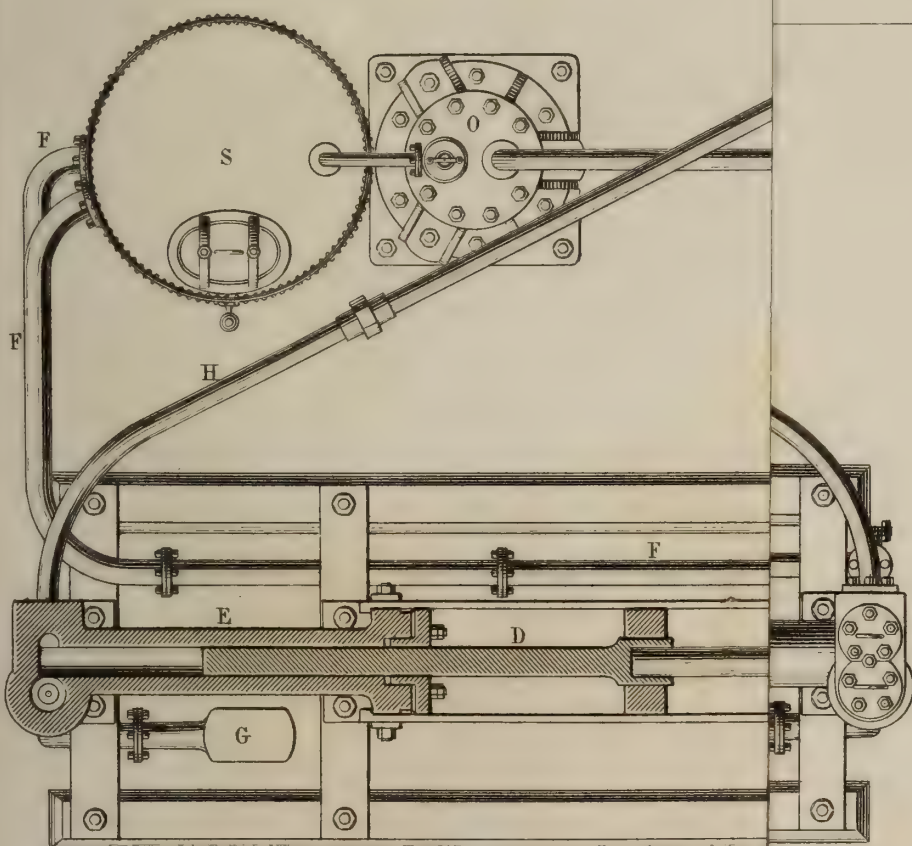


Fig. 3.

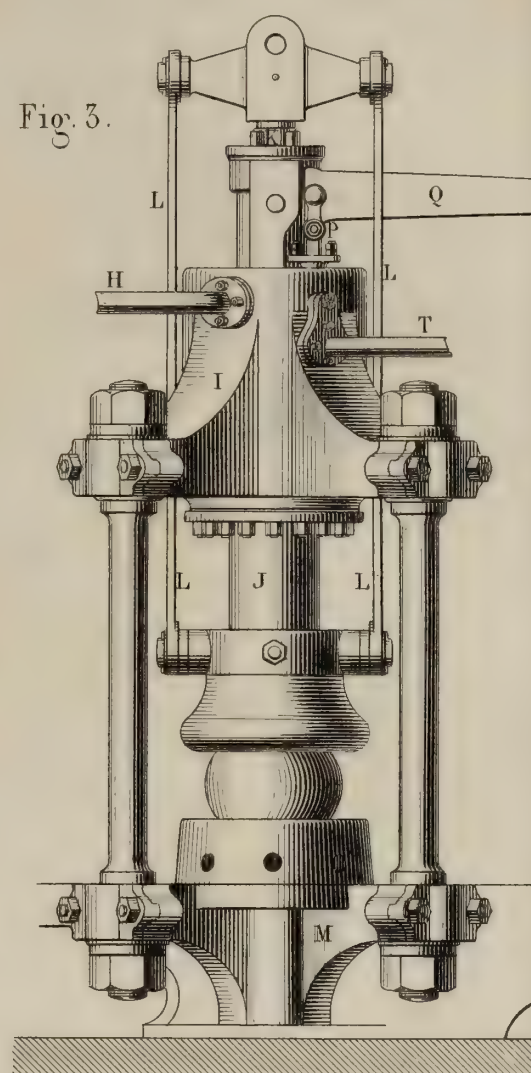
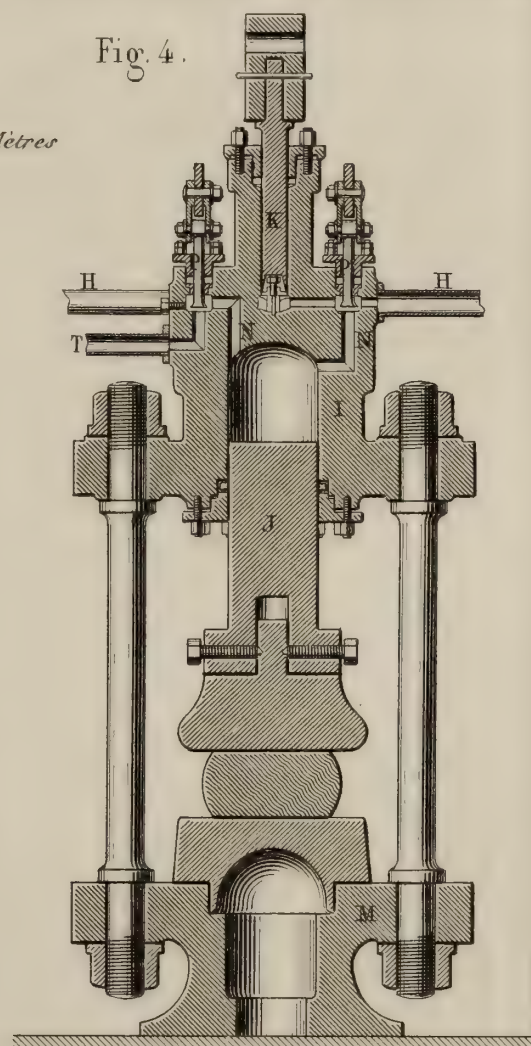
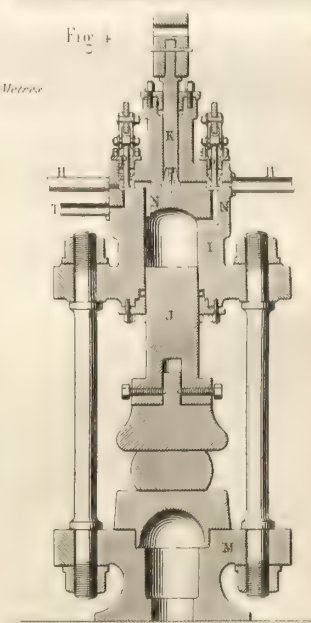
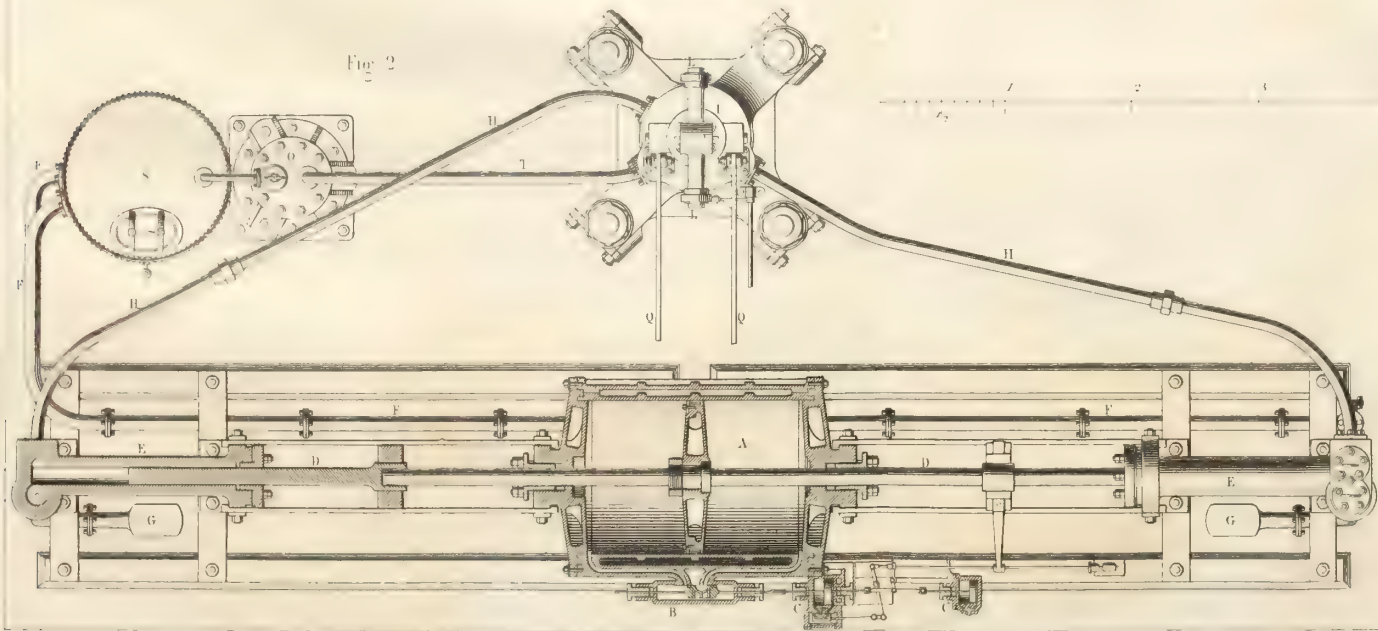
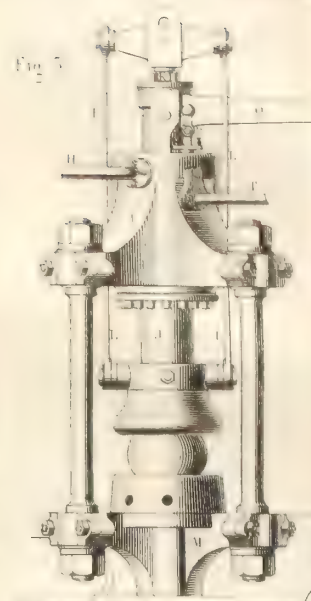
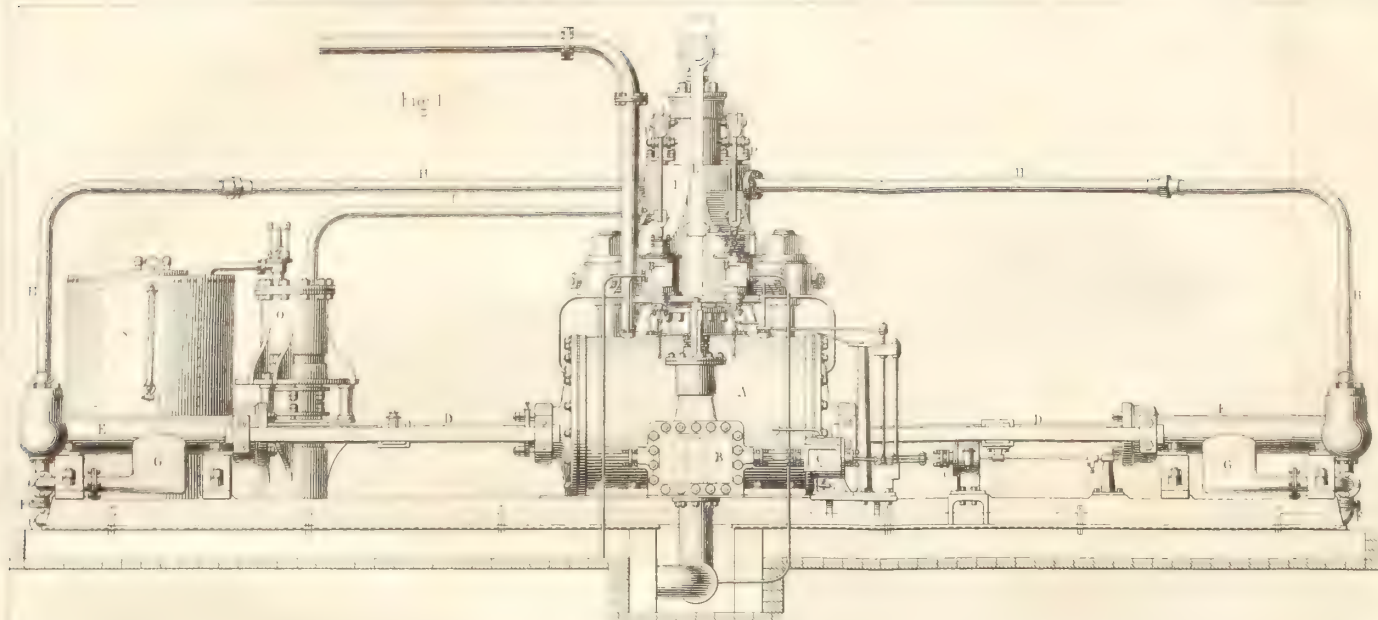


Fig. 4.

4 Mètres





1 2 3 Metres

qui doit lui donner sa forme. On commence par disposer les soupapes P de manière à ouvrir la communication entre le cylindre O et le piston forgeur, puis on fait agir la vapeur sur le piston du cylindre O. L'eau chassée par ce piston fait descendre rapidement le piston forgeur sur la pièce à forger. A ce moment, on change la position des soupapes P de manière à mettre la presse en communication avec les pompes E et à arrêter le fonctionnement du piston du cylindre O, puis on introduit la vapeur dans le grand cylindre A pour faire agir les pompes E sur le piston forgeur jusqu'au maximum de pression à obtenir.

Les choses sont ensuite disposées pour faire agir seulement les pompes sur le contre-piston K et pour faire communiquer le piston forgeur avec le cylindre O. Celui-ci est ainsi ramené à sa position primitive par le relèvement du contre-piston K, et il est maintenu dans cette position soit par l'eau maintenue sous le contre-piston, soit au besoin par un calage. Enfin, quand on recommence à agir sur le piston forgeur, la manœuvre qui le fait descendre opère en même temps la vidange du cylindre du contre-piston.

Avec une machine de la dimension de celle que représentent les figures, la pression donnée à l'eau dans la presse peut atteindre 392 atmosphères, soit 405 kilogrammes par centimètre carré; or, le piston de la presse ayant 0^m,49 de diamètre, il s'ensuit que l'effort exercé par l'eau sur la face supérieure de ce piston est de

$$\frac{0^m,49}{2} \times 3,14 \times 405 = 763,830 \text{ kilogrammes.} \quad (\text{M.})$$

NOTICES INDUSTRIELLES

EXTRAITES DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Fécondation artificielle des céréales, de la vigne et des arbres fruitiers, par M. Hooibrenck. — L'attention du Gouvernement de l'Empereur a été appelée récemment sur des procédés inventés par M. Hooibrenck pour obtenir, au moyen de la fécondation artificielle, un rendement plus abondant des céréales, de la vigne et des arbres fruitiers.

Ces procédés, mis en pratique à Sillery, près de Reims, et à Châlons-sur-Marne, sur des propriétés appartenant à M. Jacquesson, sont simples, d'un emploi peu dispendieux, et cette circonstance donnait un degré particulier d'intérêt aux faits qui ont été signalés, car en agriculture les résultats exceptionnels n'ont de véritable portée qu'autant qu'ils peuvent être aisément généralisés.

L'appareil employé par M. Hooibrenck pour opérer la fécondation artificielle des céréales consiste dans une corde de 20 mètres, à laquelle sont attachés des brins de laine de 33 à 35 centimètres de longueur.

Ces brins de laine doivent être assez nombreux pour se toucher; une petite balle

de plomb de la grosseur d'une chevrotine est attachée à l'extrémité d'une partie d'entre eux, de cinq en cinq fils.

L'appareil est passé sur les épis au moment de la floraison, de manière à les secouer légèrement. Trois personnes sont employées à cette opération ; un homme à chaque extrémité de l'appareil et un enfant vers le milieu pour soutenir la corde.

L'opération doit être répétée trois fois, à deux jours d'intervalle. La première fois, elle doit avoir lieu au moment où le pollen se développe d'une façon sensible.

La dépense nécessaire pour féconder un hectare de céréales ne s'élèverait, dit-on, qu'à 2 francs, en répétant l'opération trois fois, comme nous venons de l'indiquer. L'appareil lui-même ne coûterait pas plus de 5 à 6 francs et peut durer fort longtemps.

Pour les arbres fruitiers, M. Hooibrenck emploie une autre méthode dont il modifie l'application, suivant qu'il s'agit d'espaliers ou d'arbres de plein vent.

Voici comment il opère à l'égard des espaliers : à l'époque où les fleurs s'épanouissent, il touche délicatement les stigmates avec le doigt enduit de miel, puis, lorsque toutes les fleurs sont ainsi préparées, il passe sur l'ensemble une petite houppe à poudrer, mais à duvet un peu court ; le pollen déplacé par le frôlement de la houppe tombe sur les stigmates emmiellés et y adhère, et la fécondation se trouverait, dit-on, assurée, à ce point qu'on obtiendrait autant de fruits qu'il y a eu de fleurs opérées.

L'opération, peu dispendieuse, se répète autant de fois qu'on le juge nécessaire.

Pour les arbres de plein vent, tels que cerisiers, pruniers, pommiers, etc., le procédé se simplifie. M. Hooibrenck fait usage d'une sorte de plumeau, composé de brins de laine de même nature que celle qu'il emploie pour la fécondation des céréales, et d'environ 20 centimètres de longueur.

Il passe sur quelques-uns des brins une très-petite quantité de miel destinée à retenir le pollen ; puis il promène le plumeau, comme pour les épousseter, sur toutes les fleurs de l'arbre.

Le même procédé s'applique à la vigne et à d'autres plantes.

Deux commissions nommées par le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics ont été chargées de visiter les domaines de M. Jacquesson, afin de constater les premiers résultats obtenus par M. Hooibrenck.

La première de ces deux commissions, qui a été envoyée, le 24 juillet dernier, Sillery, pour examiner l'état des récoltes de céréales, était composée de MM. Payen, membre de l'Institut, Dailly, de la Société impériale et centrale d'agriculture, Lefour, inspecteur général de l'agriculture, et Simons, chef du cabinet du Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

La seconde commission, composée de MM. Payen et Decaisne, membres de l'Institut, Pépin, de la Société impériale d'agriculture, et Simons, s'est rendue à Châlons-sur-Marne, le 11 août dernier, pour visiter les arbres fruitiers.

Pour les céréales, on a constaté les résultats suivants :

Un are de seigle, fécondé par le procédé Hooibrenck, a rendu 34^{lit},500 pesant net 25^k,500, ce qui correspond à un produit de 34 hectolitres par hectare.

Un are de seigle non fécondé a donné 22^{lit},600 pesant 16 kilogrammes, soit un rendement de 22^{hectol.},600 à l'hectare.

Un are de froment fécondé a produit 41^{lit},500 pesant 32 kilogrammes, et un are de froment non fécondé, 30^{lit},500 pesant 21 kilogrammes, ce qui représente pour la partie fécondée un rendement de 41^{hectol.},500 à l'hectare, tandis que pour la partie non fécondée le rendement serait seulement de 30^{hectol.},500.

Il est vrai que, pour le blé comme pour le seigle, la portion de champ qui a été fécondée se trouvait dans une position plus favorable que celle qui ne l'a pas été. Toutefois la différence de situation topographique était beaucoup plus sensible pour le froment que pour le seigle, et en tout cas elle ne semble pas suffire pour expliquer une différence aussi considérable dans les rendements.

Pour les arbres fruitiers, on n'avait pas les mêmes éléments de comparaison que pour le froment et le seigle.

La commission a trouvé des arbres de diverses espèces, et notamment des pruniers surchargés de fruits; mais comme les branches de ces arbres avaient été inclinées à 112° 1/2, et que, dans l'opinion de M. Hooibrenck, cette inclinaison a pour effet d'augmenter la production, on a dû se borner à reconnaître l'abondance des fruits sans pouvoir indiquer dans quelle mesure la fécondation artificielle aurait contribué à ce résultat.

Dans sa visite à Châlons, la commission a eu, en outre, occasion de constater quelques faits curieux de reproduction d'arbustes et même de plantes herbacées au moyen de l'inclinaison de leurs tiges.

Ainsi la commission a vu des églantiers de semis, âgés de trois ans, dont toutes les jeunes tiges, après avoir été rabattues sur le sol, avaient poussé de leur pied un scion vigoureux.

On lui a montré également une aspergerie soumise au même régime, où toutes les tiges feuillues avaient été inclinées, dans le but d'obtenir, en novembre, de grosses asperges qu'on protège contre le froid au moyen d'une bouteille défoncée et recouverte de craie blanche.

Du reste, les deux commissions envoyées, l'une à Sillery et l'autre à Châlons, ont dû apporter une grande réserve dans l'expression de leur opinion, attendu qu'elles n'ont pas été mises à même de suivre la production dans les diverses phases de son développement; mais elles ont été d'accord sur l'utilité de soumettre les ingénieux procédés de M. Hooibrenck à une expérimentation méthodique et faite sur différents points du territoire.

L'Empereur, qui a pu juger par lui-même, lors de sa visite dans le grand établissement de M. Jacquesson, du haut intérêt que présentent les découvertes de M. Hooibrenck, a décidé que les expériences demandées seraient faites pendant le cours de l'année agricole qui s'ouvre en ce moment, et Sa Majesté a désigné elle-même la ferme impériale de Fouilleuse et la treille de Fontainebleau comme deux des points où elles auraient lieu.

Les expériences qui vont être instituées, et qui auront un caractère comparatif,

embrasseront non-seulement les procédés de fécondation artificielle, mais encore les diverses méthodes de taille et de culture dont M. Hooibrenck a fait l'application chez M. Jacquesson.

Elles seront entreprises et suivies simultanément dans les Écoles impériales d'agriculture de Grignon, de Grand-Jouan et de la Saulsaie, au potager de Versailles et, en outre, comme nous venons de le dire, à la ferme de Fouilleuse et à Fontainebleau. Elles pourront s'étendre, d'ailleurs, sur quelques domaines particuliers dont les propriétaires se montreront disposés à faire l'essai des procédés de M. Hooibrenck, et elles auront lieu sous le contrôle d'une commission spéciale qui est chargée d'en déterminer le programme, d'en suivre toutes les phases et d'en constater les résultats.

Cette commission, nommée par une décision de l'Empereur en date du 9 septembre, est composée de la manière suivante :

Le maréchal VAILLANT, ministre de la Maison de l'Empereur et des beaux-arts, président ;

MM.

PAYEN et DECAISNE, membres de l'Institut ;

DAILLY et PÉPIN, membres de la Société impériale et centrale d'agriculture de France ;

CAZEAUX, inspecteur général, et LAMBEZAT, inspecteur général adjoint de l'agriculture ;

TISSERAND, chef de la division des établissements agricoles au ministère de la Maison de l'Empereur, et SIMONS, chef du cabinet du Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

M. SIMONS est, en outre, chargé des fonctions de secrétaire.

Sur l'emploi du plâtre, dit *annaline*, dans la fabrication du papier, par M. le docteur Varrentrapp. — Depuis environ deux ans, on livre aux fabriques de papier, sous le nom d'*annaline*, du sulfate de chaux hydraté réduit en poudre très-fine et dont la nuance est de moins en moins blanche. On recommande ce produit, destiné à remplacer le kaolin ou l'argile, en disant qu'il est l'ingrédient le meilleur et le plus économique, puisqu'il entre presque en entier dans la fabrication du papier, comme on peut facilement s'en convaincre en observant que l'eau qui a passé à travers la toile métallique de la machine sort claire, et qu'au contraire, si l'on emploie du kaolin, elle s'écoule à l'état laiteux. Cette dernière assertion est exacte, car l'eau entraîne environ les 0,50 ou les 0,55 du kaolin, dont la moitié à peine reste dans le papier. Lorsqu'on ne mêle à la pâte que des quantités peu importantes de ce sulfate de chaux, il est, à la vérité, fort exact de dire que l'eau s'écoule claire de la machine, mais ce fait ne démontre nullement que l'on n'éprouve aucune perte de matière. Le sulfate de chaux n'est pas insoluble au même degré que l'argile, et 1 mètre cube d'eau peut, au contraire, en dissoudre un peu plus de 2 kilog. Or, comme ce liquide est employé en quantité considérable, il entraîne à l'état de solution limpide une proportion notable de plâtre. Cette observation n'est pas seulement théorique, mais elle a été vérifiée pratiquement en grand. L'auteur a fait l'analyse de trois sortes de papier dans chacune desquelles on avait introduit 100 parties de sulfate de

chaux dit *annaline*, avec 560 parties de pâte sèche pour la première sorte, 640 pour la deuxième, 740 pour la troisième.

La première sorte donna 2 1/2 pour 100 de cendres, la deuxième 4,7 pour 100 et la troisième 0,7 pour 100.

Le calcul a fait voir que la première n'avait retenu tout au plus que 11 3/4 des 100 parties de gypse qu'elle avait reçues, et que ces 11 3/4 parties devraient être réduites à 7 1/2, si l'on voulait tenir compte de la petite quantité de cendres fournies par la pâte même du papier. La deuxième sorte, qui n'était que demi-collée et qui avait été fabriquée sous une marche très-rapide de la machine, avait donné 4,7 pour 100 de cendres. C'était plus que dans le cas précédent, et cependant le papier n'avait pas retenu le quart du gypse qui y avait été introduit. Pour la troisième sorte, on n'avait ajouté le gypse que quand la pâte avait été délayée dans une très-grande quantité d'eau, ce qui avait permis au sable et aux matières étrangères contenues dans le plâtre de se déposer rapidement; aussi cette sorte n'a-t-elle pas donné plus de cendres que du papier fabriqué avec de la pâte tout à fait exempte d'addition.

L'incinération a eu lieu dans un creuset de platine que l'on a fait rougir jusqu'à ce que l'on ne reconnût plus aucune perte de poids. Le résidu grisâtre trouvé dans le creuset fut ensuite humecté d'acide sulfurique concentré, puis rougi de nouveau. Ce résidu n'était pas entièrement soluble dans l'acide chlorhydrique étendu; il présentait des traces de sable et d'oxyde de fer, ainsi que des flocons vraisemblablement d'argile et de silice, mais il était surtout composé de plâtre.

Le papier fabriqué à bras et à la cuve ne soulève pas les mêmes objections. Il est clair que l'on peut facilement y introduire autant de plâtre qu'on le veut; mais celui que l'on fabrique ainsi et qui reçoit une forte dose de plâtre est beaucoup trop cassant pour un grand nombre d'usages.

Il résulte de ce qui précède que l'on peut ajouter de 12 à 20 pour 100 de plâtre à la pâte de papier sans que la masse, travaillée à grande eau, retienne rien de plus que les matières étrangères insolubles contenues dans ce plâtre. Avec moins d'eau et une grande quantité de gypse, on peut cependant obtenir un papier qui contienne une plus forte proportion de ce sel. Lorsque l'on veut employer de l'*annaline*, on doit donc tenir compte de la solubilité de cette matière; et, malgré les inconvénients qui viennent d'être signalés, on ne peut nier que, si la quantité ajoutée est convenable, le plâtre ne se soutienne mieux que le kaolin dans le papier, auquel il donne un plus bel aspect, et sur lequel les caractères sont moins sujets à se salir et à maculer. C'est au fabricant de comparer les avantages avec la dépense.

Lorsque l'on veut introduire dans la pâte des matières inorganiques et obtenir un papier plus convenable pour l'impression, il n'existe qu'un moyen de rendre les produits irréprochables en perdant le moins possible de matières, c'est d'ajouter à la pâte, dans les piles mêmes, une substance insoluble qui se fixe sur les filaments.

L'*annaline* est une poudre extrêmement fine, plus douce au toucher que le sulfate de chaux, même précipité chimiquement de solutions concentrées, sulfate qui, d'ailleurs, coûterait trop cher. (*Dingler's Polytechnisches Journal.*)

Nouveau monte-charges pour les hauts fourneaux, décrit par M. le docteur Schwartz. — Le poids considérable des minerais, des fondants et du combustible qu'il faut élever jusqu'au gueulard des hauts fourneaux, souvent à 15 ou 18 mètres de hauteur, font de cette opération un des problèmes les plus importants pour les maîtres de forges. Si l'on pense qu'un haut fourneau de grande dimension produit par semaine jusqu'à 1,000 quintaux métriques de fonte, et qu'en Écosse il en existe même qui donnent jusqu'à 1,750 quint. métr., enfin que pour 1 quintal de fonte il faut environ 8 quintaux de matières, on comprend facilement que, quand il s'agit d'alimenter, avec un seul monte-charges, six ou huit fourneaux, les difficultés ne sont pas faciles à vaincre. On a successivement employé de petites machines à vapeur placées au pied du haut fourneau ou au niveau du gueulard, puis des plans inclinés et enfin des monte-charges dits *hydrauliques*, où le mouvement d'ascension était produit par le poids de l'eau préalablement élevée par une machine à vapeur, dans un réservoir, à la hauteur du gueulard et employée comme contre-poids pour faire monter les chars pleins. Mais on vient d'introduire en Angleterre un nouveau système qui emprunte sa force motrice à la soufflerie du haut fourneau.

On emploie le plus souvent, dans ce pays, des machines à vapeur assez puissantes pour porter facilement la pression de l'air à 0^m,176 par centimètre carré (en sus de la pression atmosphérique). La bonne disposition des appareils et le bas prix du charbon rendent peu coûteuse la compression qui ne revient guère qu'à 10^f,88 pour 100,000 mètres cubes. Afin de régulariser l'émission du vent, on emploie d'ailleurs de grands réservoirs d'air comprimé, auxquels on peut, par conséquent, emprunter à tout instant une puissance mécanique considérable.

Le monte-charges pneumatique est disposé comme il suit :

Dans une situation convenable, près des hauts fourneaux, on creuse un puits dont la profondeur surpasse un peu la hauteur du haut fourneau. Ce puits doit être rendu aussi étanche que possible par un revêtement en briques et en ciment, ou bien en boisseaux de fonte boulonnés, afin que l'on puisse facilement l'épuiser par des pompes lorsqu'il exige quelques réparations. Dans ce puits que l'on remplit d'eau, flotte une longue cloche en tôle, ouverte par en bas, fermée par en haut, et assez soigneusement assemblée pour que ses joints ne livrent aucun passage à l'air. Un échafaudage établi au-dessus du puits et muni de cylindres tournants empêche la cloche de vaciller et sert à la guider lorsqu'elle monte ou qu'elle descend. On établit sur l'extrémité supérieure de cette cloche une plate-forme sur laquelle on amène les chars pleins. Le tout est en grande partie équilibré par des contre-poids suspendus à des chaînes et descendant dans le puits, de manière à ne présenter qu'un léger excès de poids, même lorsque l'on a retiré les chars pour les vider après qu'ils sont montés.

Au fond et au centre du puits se trouve un court tuyau vertical qui se recourbe sous le fond du puits et remonte ensuite le long de ses parois jusqu'au-dessus du niveau de l'eau. Ce tuyau est mis en communication par un large robinet avec le réservoir d'air. On remplit le puits d'eau jusqu'à 1^m,80 ou 2^m,45 en contre-bas de son ouverture lorsque la cloche est soulevée par la pression de l'air.

Au fond, cette construction est une espèce de gazomètre, à la différence près que l'air y est introduit sous une forte pression.

L'opération est fort simple. Lorsque la cloche est enfoncée dans le puits, on amène sur la plate-forme les chars pleins, et l'on ouvre le robinet qui conduit l'air sous la cloche. Ce fluide élastique élève aussitôt avec lenteur la cloche et sa charge jusqu'à la hauteur convenable. On ferme le robinet; le mouvement d'ascension s'arrête, on retire les chars et on les vide; on les replace sur la plate-forme, et l'on ouvre une soupape établie à la partie supérieure de la cloche; l'air s'échappe et l'appareil redescend lentement.

Les hauts fourneaux établis nouvellement à Corbyns-Hall sont desservis par un monte-charges pneumatique de ce genre; la cloche a 1^m,676 de diamètre, le tuyau qui amène l'air porte 0^m,178 de diamètre; enfin la pression de l'air est de 0^k,158 par centimètre carré, en sus de la pression atmosphérique.

Il résulte des calculs faits que, pour monter les matières nécessaires à la production de 450 kilog. de fonte, la dépense n'atteint que 0^f,01. (*Breslauer Gewerbeblatt*, et *Dingler's Polytechnisches Journal*.)

Préparation d'un verre semblable au verre-mousseline. — On prend un morceau de tulle, et, après l'avoir tendu, on y applique un corps gras avec un rouleau d'imprimerie; on le fait adhérer sur une glace bien nettoyée, puis on le détache avec précaution. La glace se trouve alors porter les traces du corps gras qu'elle a retenu; on l'expose pendant quatre ou cinq minutes aux vapeurs de l'acide fluorhydrique, et l'on trouve dessus un réseau ayant conservé son poli, sur un fond mat. Une glace ainsi préparée arrête, comme un voile, la vue des personnes placées à l'extérieur d'une pièce, tandis que celles de l'intérieur voient commodément au dehors. (*Winkler's Recept-Taschenbuch*, et *Dingler's Polytechnisches Journal*.)

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION.

PROCÈS - VERBAUX.

Séance du 12 août 1863.

MM. A. Chevallier, membre du comité des arts chimiques, et Ch. Laboulaye, membre du comité des arts mécaniques, occupent successivement le fauteuil.

CORRESPONDANCE. — M. Armengaud aîné, ingénieur, membre de la Société, rue Saint-Sébastien, 45, informe le Conseil qu'il se met entièrement à la disposition du Conseil, pour faire gratuitement la rédaction des brevets et remplir les formalités nécessaires à leur obtention pour les inventeurs peu fortunés, recommandés par la Société et

auxquels elle accorde des secours sur la fondation de M. Christoffe. (Remercîments à M. Armengaud.)

M. *Druelle*, de Niort, adresse :

1^o Une note sur une substance qu'il propose de substituer à la poudre de charbon dont se servent les fondeurs pour prévenir l'adhérence du métal avec les moules (Renvoi au comité des arts chimiques);

2^o Une note sur une poudre propre à remplacer le soufre dans le traitement de la maladie de la vigne (Renvoi au comité d'agriculture).

M^{me} veuve *Louis Piette*, dont le mari est bien connu par les services qu'il a rendus à l'industrie de la papeterie, et par les ouvrages qu'il a publiés, sollicite l'honneur d'être admise au nombre des membres de la Société. (La nomination sera soumise aux formalités voulues par les règlements.)

M. le chevalier *de Schwarz*, directeur de la chancellerie du consulat d'Autriche, à Paris, présente la description et les dessins d'un système de voie de chemin de fer, dans laquelle le bois n'entre pas comme élément, imaginé par MM. *Kästl* et *Antoine Battig*, ingénieurs à Vienne (Autriche). (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. *Arthur Chevallier*, ingénieur-opticien, membre de la Société, sollicite la visite du Conseil, pour voir dans ses ateliers de la rue Villedo, 10, ses expériences sur les grandissements d'images. (Renvoi à la commission des beaux-arts appliqués à l'industrie.)

M. *A. Mosselman*, 15, rue de Milan, met devant les yeux du Conseil plusieurs exemplaires d'une note insérée dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, et relative à l'emploi de la chaux animalisée. (Renvoi au comité chargé de faire le rapport.)

M. *Delesse*, ingénieur des mines, professeur de géologie à l'École normale, fait hommage de son rapport sur les matériaux de construction à l'Exposition universelle de 1862.

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du comité des arts économiques, M. *V. de Luynes* lit un rapport sur le système de lampe pour huiles minérales, imaginé par M. *Marmet*. (Adoption et insertion au *Bulletin* avec dessin.)

Au nom du comité des arts chimiques, M. *Chevallier* lit :

1^o Un rapport sur la fabrication d'un produit présenté par M. *de Cartier*, à Auderghem (Belgique), sous le nom de minium de fer.

A l'égard de ce produit, l'un des secrétaires, M. *Peligot*, fait observer que la dénomination de minium de fer est tout à fait impropre en ce qu'elle peut induire le public en erreur; il demande donc que le rapport mentionne le fait pour prévenir toute confusion avec le minium (oxyde rouge de plomb).

La remarque de M. *Peligot* étant appuyée par plusieurs membres, le Conseil décide que le rapport en fera mention et vote son insertion au *Bulletin*.

2^o Rapport sur les perfectionnements apportés par M. *Dumas-Fremy* à sa fabrication de papiers et toiles à polir. (Adoption et insertion au *Bulletin*.)

COMMUNICATIONS. — M. *Victor de Luynes*, membre du comité des arts économiques,

expose à la Société différents moyens de transformer l'orcine en matière colorante, soit en l'exposant à l'air en présence de l'ammoniaque seule, ou de l'ammoniaque et d'un carbonate alcalin, soit en la soumettant à l'action des vapeurs d'acide azotique à la température ordinaire. Il met sous les yeux du Conseil des échantillons de l'orcine teinte avec ces différentes substances, et ajoute qu'il se propose de rédiger une note renfermant la description des expériences qu'il a faites à ce sujet.

M. *Vuillemo* donne quelques explications sur un système de robinet modérateur pour les conduites de gaz, qu'il a déjà soumis à l'appréciation de l'Administration municipale. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *le Président* annonce que, conformément à la décision prise dans la séance du 17 mai 1854, les séances ordinaires du Conseil seront suspendues du 13 août au 21 octobre.

Le Conseil se forme en comité secret.

Séance du 21 octobre 1863.

M. *Dumas*, Président, occupe le fauteuil.

CORRESPONDANCE. — S. *Exc. M. le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics* adresse, en doubles exemplaires, 1° le numéro 1 du catalogue des brevets d'invention pris pendant l'année 1863; 2° le tome XLV de la collection des brevets pris sous l'empire de la loi de 1844.

M. *J. Richard*, fabricant de produits céramiques, à Saint-Christophe, près Milan, écrit qu'il s'est occupé, depuis plusieurs années, de rendre salubres les émaux appliqués sur les poteries cuites à basse température; il adresse, en même temps, une caisse d'échantillons de ses nouveaux produits, recouverts d'un émail sans plomb qu'il dit être moins cher et moins sujet à s'écailler que les émaux plombifères ordinairement employés. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

M. *Geoffroy*, rue Folie-Méricourt, 13, présente des spécimens de tuiles en fonte pouvant s'établir sur charpente de fer et de bois, et destinées à remplacer avec économie le mode de couverture employé jusqu'ici pour les édifices publics. M. Geoffroy indique qu'il a appliqué avec succès son système au bâtiment des archives de l'État situé rue des Quatre-Fils. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Teinturier*, place de la Mairie, 5, à Passy-Paris, dépose, pour être soumis à l'appréciation du Conseil, le manuscrit d'un ouvrage littéraire intitulé *les Enfants* et destiné à faire suite à deux volumes qu'il a publiés sous les titres de *les Hommes* et *les Femmes*. (La Société n'étant pas dans l'usage d'examiner de semblables compositions, M. Teinturier sera invité à retirer son manuscrit.)

M. *Mandet*, pharmacien, à Tarare (Rhône), membre et lauréat de la Société, envoie :

1° Une note traitant de l'emploi du sulfate d'ammoniaque pour rendre les mousselines ininflammables ;

2° Un mémoire sur les divers parements employés dans le tissage du coton, du lin et du chanvre.

(Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Tricas*, distillateur, 31, rue Neuve-Saint-Merri, sollicite l'examen d'une nouvelle liqueur dite *menthana*, pour laquelle il a pris un brevet. (Renvoi au même comité.)

M. *Ch. Delaporte*, ingénieur civil, 146, quai Jemmapes, informe le Conseil qu'il se met à sa disposition pour expérimenter ses appareils destinés à rendre les jets d'eau lumineux. (Renvoi au même comité.)

M. *Gagnage*, à Montrouge, chaussée du Maine, 93, présente les dessin et description d'un bassin destiné à recevoir et à désinfecter les produits des égouts, en vue de les convertir en engrais. (Renvoi aux comités des arts chimiques et d'agriculture.)

M. *Kieffer*, 41, rue de Courcelles, aux Thernes, appelle l'attention du Conseil sur un système séparateur pour fosses d'aisances, qu'il a appliqué dans la maison qu'il habite. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *P. Feuchère*, artiste peintre, à Saint-Denis, avenue de Paris, 2, cité du Nord, a inventé une colle à bouche qu'il appelle *pectorale*, et avec laquelle on peut coller le marbre, la porcelaine, les cristaux, etc. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

M. *Druelle*, chimiste, à Niort, qui a soumis, dans la séance du 12 août dernier, un procédé de son invention pour guérir la maladie de la vigne, adresse un certificat légalisé émanant de deux propriétaires qui ont appliqué avec succès son procédé. M. Druelle demande, en même temps, si le prix fondé par madame Galitzin, relativement à l'emploi de la pomme de terre, est encore au concours. (Renvoi au comité d'agriculture.)

M. *Chouet*, attaché à l'administration des lignes télégraphiques, rue Saint-Dominique-Saint-Germain, 114, prie la Société de vouloir bien examiner son procédé dit de *métalloplastie*, à l'aide duquel il applique une couche métallique sur tous les objets sans en altérer la forme. (Renvoi au comité des arts économiques.)

MM. *Bruneaux* et *Somsou*, à Château-Thierry, par l'intermédiaire de M. Lardit, marchand quincaillier, rue de Rivoli, près celle de l'Arbre-Sec, appellent l'attention de la Société sur un nouveau genre de tire-bouchon appelé *davier*, à cause de sa ressemblance avec l'outil du dentiste, et ayant sur les autres instruments de ce genre l'avantage de ne pas endommager le bouchon. (Renvoi au même comité.)

M. *Ad. Leblanc*, dessinateur et graveur de la Société, 2, rue Sainte-Appoline, offre ses services pour prendre gratuitement des brevets pour les inventeurs peu fortunés que la Société prend sous son patronage. (Remerciements.)

M. *E. Deiss*, fabricant de produits chimiques, 63, rue de Bretagne, à Paris, envoie copie de la réclamation qu'il a adressée à MM. Barreswil et Aimé Girard, au sujet de l'article qu'ils ont publié sur le sulfure de carbone dans le tome III de leur dictionnaire de chimie industrielle.

M. Deiss se plaint que, dans cet article, M. *Peroncel* est indiqué comme étant le premier qui ait construit un appareil pour la fabrication industrielle du sulfure de car-

bone, et il s'offre de prouver d'une manière irrécusable que c'est à lui seul que revient l'honneur d'avoir entrepris le premier cette fabrication.

M. *Nicolas Grün*, mécanicien, rue Delambre, 3, à Paris, a exécuté un petit appareil à percussion pour marquer les initiales sur les bouteilles; il serait heureux que la Société voulût bien lui accorder un secours. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. *Beau*, mécanicien, 11, rue Git-le-Cœur, exprime le désir qu'une machine à débiter les voliges de son invention soit l'objet d'un examen. (Renvoi au même comité.)

M. *C. Beliard*, fabricant de chaudronnerie, rue Saint-Maur-Popincourt, 41, écrit qu'il se sert, à l'abattoir de son quartier, pour gonfler les bestiaux, d'air comprimé à 4 atmosphères; il indique qu'il emploie la force d'un cheval-vapeur pour comprimer 10 mètres cubes d'air, sur lesquels il dépense 1/2 mètre cube pour chaque bœuf. L'économie et la rapidité de son système substitué au soufflet primitivement employé lui font espérer que la Société voudra bien en faire l'objet d'un examen. (Renvoi au même comité.)

M. *Galibert*, quai des Orfèvres, 8, soumet à l'appréciation de la Société un appareil respiratoire pour les plongeurs, les mineurs, les puisatiers, etc., en indiquant qu'il a été essayé avec succès à la caserne des sapeurs-pompiers de la rue Culture-Sainte-Catherine. (Renvoi au même comité.)

M. *François Combes*, rue de la Butte-Chaumont, 44, rappelle qu'il a déposé un dossier concernant un système de chemin de fer, et renouvelle la demande qu'il a faite de soumettre son système à une commission. (Renvoi au même comité.)

M. *Thomas Piatti*, rue du Croissant, 6, adresse les dessin et description d'une machine hydraulique de son invention. (Renvoi au même comité.)

M. *Condor*, à Gêmeaux (Côte-d'Or), demande l'examen d'un système de pressoir à vin dont il envoie les dessin et description. (Renvoi au même comité.)

M. *Eugène Mouline*, au Vals (Ardèche), présente le projet d'un nouveau propulseur pour navires. (Renvoi au même comité.)

M. *Merckelbagh*, mécanicien, rue de la Ville-l'Évêque, 61, dépose les dessin et description d'un système de moulin qu'il appelle *moulin broyeur, ramasseur et tamiseur*. Renvoi au même comité.)

M. *J. Coignard*, horloger, à Nantes, rappelle qu'il a présenté, dans la séance du 3 juin 1863, un modèle de navette à tension intérieure applicable à toutes les machines à coudre. Aujourd'hui il a apporté des perfectionnements à cette navette, et il adresse une note explicative à ce sujet. (Renvoi au comité chargé du rapport.)

M. *Lacroix*, libraire-éditeur, quai Malaquais, fait hommage à la Société de plusieurs ouvrages, parmi lesquels les suivants sont cités :

1° *Guide pratique de la meunerie et de la boulangerie*, par M. Pierre Marmay; grand in-8° avec atlas de 9 planches gravées.

2° *Manuel du gréement et de la manœuvre*, etc., par M. E. Bréart, lieutenant de vaisseau; grand in-8° publié avec l'autorisation du Ministre de la marine.

3° *Des machines-outils, leur importance, etc.*, par M. J. Chretien, ingénieur civil; brochure in-8° avec 3 planches.

4° *Chemins de fer, questions de tracé et d'exploitation*, par M. Eugène Flachet; brochure.

5° *Guide pratique de chimie agricole*, par M. N. Basset; in-8°.

6° *Manuel pratique de culture maraîchère*, par M. Courtois-Gérard; in-8°.

7° *La science populaire*, par M. Rambossen.

M. Victor Delacour, ingénieur, directeur des travaux de la compagnie des messageries impériales, adresse une brochure intitulée : *Études sur les machines à vapeur marines et leurs perfectionnements*.

L'institution Smithsonianne, de Washington (Amérique), envoie son rapport annuel pour 1861, contenant différents mémoires scientifiques.

M. le vicomte de Ponton d'Amécourt dépose une brochure ayant pour titre : *La conquête de l'air par l'hélice, etc.*

COMMUNICATIONS. — M. le Président annonce à la Société la perte récente qu'elle vient de faire de M. Delacroix, qui remplissait les fonctions d'agent depuis 1836; il rappelle les services que M. Delacroix a rendus pendant cette longue période, et il sait que le Conseil tout entier partage les regrets qu'il exprime sur la perte de ce serviteur dévoué de la Société.

M. Gaultier de Claubry, membre du comité des arts chimiques, présente, de la part de M. Henri Violette, commissaire des poudres et salpêtres, un mémoire sur la raffinerie impériale de salpêtre de Lille. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — 1° M. Beudant, ingénieur des mines; 2° M^{me} veuve Louis Piette, directrice du *Journal des fabricants de papier*.

Le Conseil se forme en comité secret.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

ARTS ÉCONOMIQUES.

RAPPORT *fait par* M. JACQUELAIN, *au nom du comité des arts économiques,*
sur l'APPAREIL POUR BAINS DE VAPEUR, imaginé par M. LAURENT, *à Ro-*
manèche (Saône-et-Loire).

En parcourant, depuis l'origine, les brevets expirés et ceux non publiés jusqu'à ce jour, on en trouve une vingtaine ayant pour objet d'administrer des bains de vapeur.

Étudiés avec un esprit d'ensemble, ces travaux se classent alors en trois catégories. A la première, se rattache la production de la vapeur d'eau, à la faveur d'un foyer alimenté soit au bois, soit au charbon, et transmettant la chaleur à des réservoirs de la contenance de 5 à 20 litres d'eau. La deuxième catégorie comprend des appareils de moindre dimension chauffés à la flamme de l'esprit-de-vin. Dans la troisième, les inventeurs procèdent avec des appareils plus réduits encore; ils rejettent tout emploi direct de combustible, et, par suite, ils substituent, à ces différentes sources de chaleur, celle d'un barreau de fer préalablement chauffé à la manière dont la blanchisseuse fait rougir son fer à repasser.

Quel que soit le combustible employé, la dépense est peu de chose quand il s'agit de produire de la vapeur d'eau durant 15 à 20' seulement; mais il y a évidemment un avantage sérieux à ne pas confier le maniement de l'alcool à des mains inexpérimentées. D'un autre côté, la suppression du foyer dans les

derniers appareils les rend moins volumineux, plus simples, et, conséquemment, d'un prix très-abordable pour le plus grand nombre des consommateurs, c'est-à-dire pour les populations accomplissant un travail corporel assez actif et disposant de faibles épargnes.

L'appareil de M. Laurent rentre dans cette dernière catégorie.

Il se compose de trois parties principales : le récipient, l'avant-corps et les tubes conducteurs de la vapeur.

Le récipient est un vase cylindrique en fonte, porté sur trois pieds qui reposent dans une cassolette de tôle contenant un peu d'eau, afin d'empêcher le rayonnement du fer rouge sur les parquets ou les carrelages. Le fond de ce vase est entièrement à jour, sauf un rebord sur lequel repose un bloc de fonte aplati, de forme oblongue et creusé, en dessus, de deux cavités, l'une pour recevoir les substances sulfureuses ou mercurielles prescrites par le médecin, et l'autre dans laquelle arrive un filet d'eau.

Le récipient se ferme à la partie supérieure par un couvercle de même métal, excavé en forme de cuvette ; au centre de celle-ci est fixé le boisseau d'un petit robinet, dont la clef, percée, vers son extrémité inférieure, d'un conduit latéral, permet à l'eau contenue dans la cuvette de s'écouler à volonté sur le bloc de fonte rougi, suivant qu'on ouvre plus ou moins le robinet et qu'on se propose d'activer ou de ralentir le jet de vapeur.

L'extrémité supérieure de la clef se termine par une aiguille qui aboutit à un arc de cercle gradué de façon que plus on avance l'aiguille de droite à gauche, plus la production de la vapeur est abondante.

La partie supérieure et latérale de ce récipient est flanquée d'un conduit venu en même temps à la fonte, à section rectangulaire, et muni, sur une de ses parois verticales, d'une soupape à levier coudé, pour arrêter, subitement et quand on le veut, le passage de la vapeur.

L'extrémité de ce conduit s'engage à frottement dans un ajustage en laiton ou en zinc, qui se termine par une boîte cylindrique de même métal, devant contenir des plantes aromatiques.

Cette boîte présente, sur la moitié de son pourtour, trois ouvertures à douilles, auxquelles on ajuste trois petits tuyaux, relevés à angle droit vers leur extrémité rétrécie, pour répandre plus uniformément la vapeur sur le malade étant assis.

Dans le cas où il ne peut quitter le lit, on ferme les deux ouvertures latérales, et l'on ajuste sur la troisième un tube en caoutchouc, dont la douille en forme de T se place au-dessus de l'estomac du malade, convenablement disposé sous des cerceaux.

Dans ce cas, on approche l'appareil du lit, et celui qui administre le

bain se tient prêt à comprimer le caoutchouc à l'instant du besoin, tandis que, de l'autre main, il peut fermer la soupape dès que le malade le réclame.

Enfin un crochet et une poignée accompagnent l'appareil pour enlever et poser soit le couvercle, soit le bloc de fonte avant et après l'opération.

Ajoutons que ce disque en fonte ou en terre réfractaire permet, en outre, d'y projeter soit un mélange de soufre et de bioxyde de manganèse pulvérisé, soit du bisulfure de mercure, et, par conséquent, d'associer à la vapeur d'eau des émanations sulfureuses, mercurielles ou résineuses, à la condition, toutefois, pour éviter les altérations dues à la vapeur d'eau, à la vapeur d'acide sulfureux ou du mercure, de faire l'avant-corps et les tubes en tôle goudronnée à chaud, ce qui serait un moyen d'abaisser encore le prix de l'appareil.

D'après la description que nous venons de présenter et l'étude que votre rapporteur a faite des travaux antérieurs, votre comité pense que l'appareil Laurent, sans reposer sur un principe nouveau, se distingue cependant de ceux qui l'ont précédé, par un ensemble de dispositions rationnelles, qui en font un appareil simple, d'un petit volume, d'un maniement sûr autant que régulier, pour les mains des moins habiles, d'un emploi peu coûteux, et pouvant fonctionner avec un succès égal, soit pour la production des vapeurs aqueuses, alcooliques, avec ou sans aromates, soit pour la génération des vapeurs sulfureuses ou mercurielles.

Son prix actuel, qui est de 50 francs, devra descendre, sans aucun doute, à mesure que l'usage de l'appareil se répandra. Dans tous les cas, ce chiffre ne représente que la valeur d'une vingtaine de bains d'étuve pris dans les grands établissements.

Mais la difficulté souvent de transporter le malade, le temps à perdre pour se rendre à l'établissement de bains de la ville voisine, la possibilité de suppléer au grand bain par un bain de vapeur dans les cas de répercussion occasionnée par un refroidissement subit, ne laissent aucun doute à votre rapporteur, sur les services que l'appareil Laurent peut rendre, soit en particulier, soit à bord des navires, dans les ambulances et les hôpitaux des campagnes.

Sur ce dernier point, les expériences faites aux hôpitaux de l'Hôtel-Dieu et de l'Antiquaille de Lyon, ainsi qu'à l'hôpital de Dijon, expériences qui ont mérité à M. Laurent des attestations favorables, de la part des médecins en chef de ces établissements; celle enfin que nous avons exécutée, M. Silbermann et moi, nous confirment entièrement dans cette opinion.

Par tous ces motifs, vos comités vous proposent, Messieurs :

1° De remercier M. Laurent de son intéressante communication ;

2° D'insérer le présent rapport au *Bulletin*, avec la légende et le dessin de son appareil.

Signé JACQUELAIN, rapporteur.

Approuvé en séance, le 29 juillet 1863.

LÉGENDE DE LA PLANCHE 283 REPRÉSENTANT L'APPAREIL POUR BAINS DE VAPEUR
DE M. LAURENT.

Fig. 1. Section longitudinale de l'appareil tout monté.

Fig. 2. Vue en dessus.

Fig. 3 et 4. Vues dans deux plans perpendiculaires de la tige à crochet servant à enlever plusieurs pièces de l'appareil.

Fig. 5. Vue de profil, et fig. 6, vue en dessus du bloc ou disque en fonte dont la chaleur produit la vaporisation de l'eau.

Fig. 7. Tuyau flexible s'adaptant à l'appareil pour amener la vapeur jusqu'au lit du malade.

A, vase cylindrique en fonte constituant le récipient; il est évidé par le bas et repose sur trois pieds venus de fonte.

B, bassin en tôle contenant un peu d'eau et dans lequel on met le récipient A.

C, disque en fonte se plaçant, après qu'on l'a fait rougir, au fond du récipient A, où il est retenu par un rebord circulaire; il est muni de deux cavités dont l'une reçoit un filet d'eau tombant de la cuvette D, et l'autre les substances volatilissables prescrites par le médecin. Un anneau mobile, disposé au centre et rentrant à volonté dans l'épaisseur de la fonte, permet de saisir le disque, lorsqu'il est chaud, au moyen de la tige à crochet représentée fig. 3 et 4.

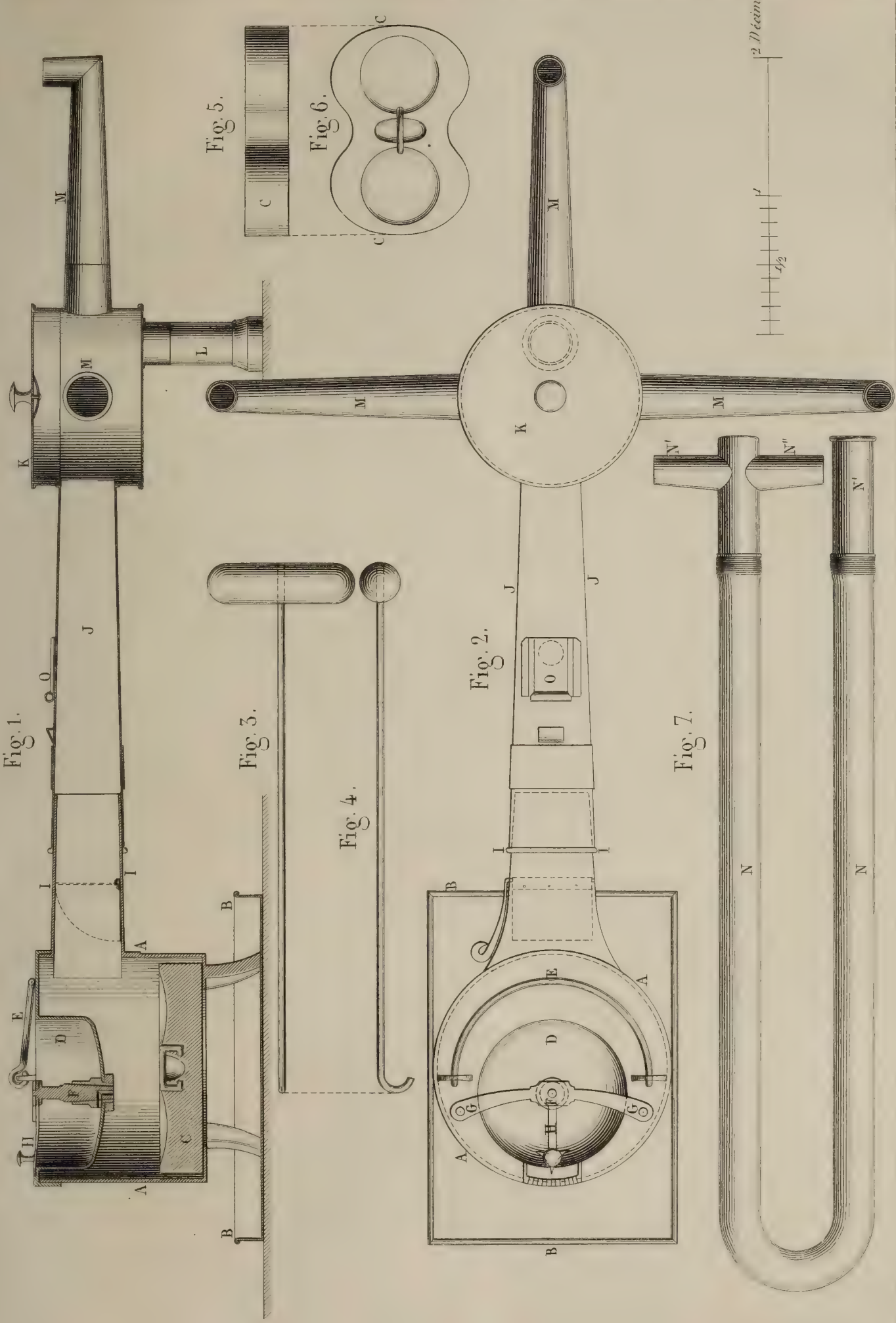
D, couvercle du récipient A, s'infléchissant sur une partie de sa surface, de manière à former une cuvette destinée à contenir l'eau qui doit tomber en filet sur le disque C.

E, anse mobile servant à manœuvrer le couvercle D.

F, robinet disposé dans l'axe de la cuvette du couvercle D, et servant à introduire l'eau dans le récipient.

G, bride fixée au couvercle D et traversant diamétralement la cuvette pour maintenir la tête du robinet.

H, levier horizontal se manœuvrant à l'aide d'un bouton et servant à ouvrir ou fermer le robinet, et, par conséquent, à régler la production de vapeur; ce levier est terminé par une aiguille, qui indique l'angle de rotation du robinet sur un arc de cercle gradué placé sur la périphérie du couvercle.



I, conduit à section rectangulaire venu de fonte avec le récipient A, et donnant passage à la vapeur; une cloison mobile (indiquée en ponctué), se rabattant sur la surface inférieure de ce conduit, permet de régler et d'interrompre à volonté l'émission de la vapeur.

J, gaine en zinc ou en laiton faisant suite au conduit I qui s'y emboîte, et conduisant la vapeur dans la boîte K.

K, boîte cylindrique en laiton faisant corps avec la gaine J, et destinée à recevoir des plantes aromatiques.

L, petite colonnette en bois s'ajustant dans une douille sous la boîte K, et lui servant de support.

M, M, M, tuyaux coniques recourbés verticalement à leur extrémité antérieure, et s'adaptant à la boîte K sur des douilles correspondantes; c'est par là que la vapeur sort de l'appareil. On emploie ces tubes dans le cas d'un bain où le malade est assis.

N, tube flexible (fig. 7), à bouts métalliques, et servant à donner un bain de vapeur au lit; à cet effet, on bouche les deux douilles latérales de la boîte et on emboîte sur celle du milieu l'extrémité N' du tube flexible; la vapeur sort alors par l'autre extrémité bifurquée N''.

Primitivement le tube N était en caoutchouc, mais, d'après le conseil du rapporteur, M. Laurent le fait aujourd'hui en toile goudronnée, afin de permettre d'administrer à volonté des bains de vapeur humide ou aromatisée, sulfureuse ou mercurielle, et même de vapeur sèche, au moyen d'une lampe à alcool qu'on met dans le récipient A à la place du disque.

O est un petit registre placé sur la face supérieure de la gaine J, et recouvrant un orifice circulaire par lequel on peut augmenter au besoin l'émission de la vapeur dans le cas d'un bain assis.

(M.)

ARTS CHIMIQUES ET ÉCONOMIQUES.

RAPPORT fait par MM. CHEVALLIER et DUCHESNE, au nom des comités des arts chimiques et des arts économiques, sur la FABRIQUE DE PAPIERS DE VERRE ET D'ÉMERI de M. DUMAS-FRÉMY, rue Beautreillis, 21.

Messieurs, vous avez chargé les comités des arts chimiques et économiques de l'examen d'un travail de M. Dumas-Frémy, fabricant de papiers de verre et d'émeri; nous venons vous rendre compte de l'examen de ce travail.

En 1843, M. Frémy, fabricant de papier verré émerisé, présenta, à la Société d'encouragement une note sur son mode de fabrication; en 1845, il faisait connaître les modifications apportées dans une partie de son travail:

la Société d'encouragement récompensa M. Frémy, dans ces deux circonstances, par des médailles de bronze et de platine.

M. Dumas succéda à M. Frémy en juillet 1854.

Divers inconvénients existant encore dans cette fabrication, il s'appliqua à rechercher les moyens de les éviter. Il vient de monter, à Ivry, une fabrique dans laquelle il a appliqué de nouveaux procédés, faisant disparaître les inconvénients signalés, ayant des avantages sérieux dans la confection des papiers à polir, abaissant le prix de revient ancien, de manière à compenser l'augmentation que présente aujourd'hui le prix de certaines matières premières, telles que le papier, les poudres de verre, ainsi que celui des salaires.

Nous allons, en quelques mots, décrire les opérations modifiées par M. Dumas, par lesquelles le papier à polir a dû passer pour être mis en vente.

Les ateliers sont disposés de la façon suivante :

Au rez-de-chaussée se trouve l'atelier de timbrage du papier, en feuilles dont la dimension varie depuis 0,32 sur 0,22 jusqu'à 0,43 sur 0,27, selon la sorte de papier ; il reçoit la marque Frémy, marque appréciée dans le commerce par suite de la bonne qualité des produits de cette maison. Une femme peut, dans sa journée, estampiller un nombre de feuilles de 40,000 : ce travail se fait au moyen du tampon Lecocq.

A côté de cet atelier se trouve l'atelier de préparation de la colle.

Dans l'autre partie du bâtiment se trouvent les ateliers de tamisage des poudres.

Derrière ces ateliers est placé un manège monté d'après le système Piat, pouvant être mis en action par un cheval ou par trois chevaux, à volonté, suivant les nécessités de force nécessaire.

C'est au moyen de ce manège que le mouvement est transmis dans tous les ateliers ; il sert également à la mise en mouvement des palettes d'aération dans les deuxième et troisième étages.

Dans les ateliers du premier étage, il y a trente places où des femmes font subir au papier l'encollage, le saupoudrage au verre, à l'émeri, au silex ; il y a en outre vingt-neuf rayons tournants. Grâce à seize places supplémentaires pour l'encollage, on peut occuper au besoin quarante-six ouvrières ; puis, à côté, se trouve l'atelier des toiles émerisées et verrées.

Aux deuxième et troisième étages se trouvent les ateliers de séchage, d'étendage, ateliers d'une superficie de 368 mètres chacun, soit 33^m,50 de long sur 11 mètres de large.

Dans ces deux derniers ateliers, le chauffage s'opère au moyen de quatre fourneaux calorifères du système Pereve perfectionné par Nicorat.

L'air est continuellement renouvelé par des ventilateurs du système Fauchet perfectionné par M. Piat.

Les palettes donnant la ventilation supérieure dans ces deux ateliers sont mues au moyen d'engrenages mis en mouvement par le manège. Par une heureuse modification de M. Dumas, les godets sont alimentés avec de la graisse dite de chemins de fer, au lieu d'huile : cette modification offre l'avantage d'éviter la projection, sur les papiers, d'un liquide qui, en les tachant, les rend impropres à la vente. Les palettes s'engrènent à volonté au moyen d'une chaîne en fer. En été, la ventilation des ateliers est ordinairement suffisante, et ces appareils ne sont pas mis en action.

Au premier étage, en retour de ce bâtiment, se trouvent les ateliers où se fabriquent les toiles émerisées et verrées ; le magasin de *comptage*, de *triage* et de *rebut* ; enfin un endroit où s'opère l'emballage.

Maintenant que nous avons fait connaître les divers ateliers où se passent les opérations, nous allons décrire, le plus brièvement possible, le travail régulier de cette fabrique.

Nous insisterons surtout sur les opérations nouvelles dues à M. Dumas.

L'atelier où se fabrique la colle est une pièce d'une longueur de 11 mètres sur une largeur de 4^m,50. La chaudière, disposée à l'extrémité de la pièce, est munie d'un double fond en cuivre et d'un couvercle fermant complètement ; le surplus de la vapeur, par un tube à échappement, se rend dans une hotte qui communique avec la cheminée principale de l'établissement. Cette chaudière reçoit 230 kilog. de ce qu'on appelle, en industrie, des vermicelles (déchets de peaux réduits en filaments plus ou moins gros), 100 kilog. de cuirs de lapins, 15 kilog. alun, 930 litres d'eau, plus 1 à 2 pour 100 de glycérine.

Le chauffage est fait au moyen de charbon de terre.

Au bout de sept heures environ d'une cuisson faite à l'aide d'une température moyenne, on obtient la colle (1).

La cuisson étant opérée, on jette, au moyen d'une poche, le produit sur un tamis placé sur une cuve, et ce qui reste dans le tamis est exprimé à l'aide d'une presse à percussion du système de *Révillon*, modifiée par M. Dumas. Au centre de cette presse se trouve adapté un tube percé : il permet, par pression, à tout le liquide gélatineux de sortir ; l'air, dans cet appareil, sert à refouler au dehors la colle liquide. Au moyen de cette modification,

(1) Prix des produits : 56 fr. les 100 kilog. cuirs, 65 fr. les 100 kilog. vermicelles, 20 fr. les 100 kilog. acide sulfureux, 50 fr. les 100 kilog. glycérine, 22 fr. les 100 kilogr. alun.

M. Dumas tire toute la matière utile qu'on puisse obtenir des divers produits employés (1).

La colle est additionnée, au moment du refroidissement, de 21 kil. d'acide sulfureux par cuisson, et ensuite elle est reçue dans des baquets où, au bout de douze à quinze heures, elle a pris la consistance voulue pour l'emploi en fabrication.

La colle doit être fraîche : M. Dumas a vu qu'une fabrication *trop peu* récente donnait un travail moins régulier. La quantité de colle nécessaire dans la fabrication est de 800 kil. à 1,200 kil. par jour.

Nous ferons observer que l'addition de la glycérine varie suivant l'état hygrométrique de l'air : la glycérine a pour objet, si l'on peut employer ce mot, de donner du *moelleux* au papier, c'est-à-dire de l'empêcher de devenir cassant.

Les genres de papiers employés sont les papiers dits bulles ou ordinaires, registre, couronne bleue (2).

Dans l'atelier (dit de fabrication) se trouvent trente places ; chacune de ces places est occupée par une ouvrière ayant comme matériel une table en bois blanc à rebords ; à la partie inférieure de cette table se trouve une caisse où est le verre ou l'émeri à employer ; elle supporte un grillage en fer sur lequel on place le papier ; les ouvrières le saupoudrent suivant la qualité à obtenir des divers numéros d'émeri, de sable ou de verre.

Chaque ouvrière a un fourneau en terre supportant une bassine (3) en cuivre contenant une certaine quantité de colle chauffée au bain-marie. (Le chauffage de ces fourneaux, dont les gaz s'échappent dans un tuyau collecteur de la fumée, a lieu au moyen de charbon de bois mélangé de charbon de tourbe ou de charbon de Paris. L'emploi de ces mélanges a offert à

(1) Les marcs se vendent à des cultivateurs de Conflans-Sainte-Honorine qui, au bout d'une année de repos sur le terrain, s'en servent pour améliorer les terres froides, mais légères. Ces marcs sont très-recherchés et bien vendus. Le poids, au sortir de la chaudière, est de 300 kilog. brut ; lors de la vente, les trois pains pèsent 291 kilog.

Ces 291 kilog. proviennent de 300 kilogr. de matière première.

(2) Les papiers bulle et couronne sont fabriqués spécialement pour cette industrie et composés de cordages et de filets de pêche, pour donner plus de solidité à la pâte.

Prix des papiers : Papier ordinaire (de 0^m,40 sur 0^m,25), à 86 fr. les 100 kilogr. ; Registre (0^m,42 sur 0^m,27 et 0^m,40 sur 0^m,25), de 75 à 80 fr. les 100 kilogr. ; Couronne bleue (0^m,33 sur 0^m,22), à 88 fr. les 100 kilogr.

(3) Chaque bassine a une traverse en cuivre servant à épurer la brosse de l'excès de colle qu'elle pourrait prendre.

M. Dumas un avantage sur celui du charbon de bois seul, qui avait l'inconvénient de donner une température irrégulière à la colle, et de déterminer parfois ce qu'on appelle la *pelure*). La quantité de colle employée par jour peut être évaluée de 800 à 1,200 kilog. et se trouve évaporée dans des séchoirs de 1,916 mètres cubes chacun, dans l'espace de douze à quinze heures en hiver, et six heures en été.

Les ouvrières, avant toute opération, ont marqué par une lettre indicative et spéciale à chacune d'elles le papier qu'elles doivent travailler, afin d'éviter des pertes qui pourraient devenir considérables, vu le prix minime de vente; à l'aide de cette marque, il est facile de reconnaître la malfaçon de chaque ouvrière.

Au moyen d'une brosse, l'ouvrière étend sur le papier la colle, puis place la feuille sur le treillage, la saupoudre et la range sur des planches pour être portée à l'étendoir.

Le premier encollage opéré, les papiers sont portés au séchoir-étendoir; lorsque la dessiccation est opérée convenablement, ces papiers sont descendus à l'atelier, où ils reçoivent un deuxième et troisième encollage, puis sont placés sur un rayon tournant pouvant contenir vingt doubles feuilles.

Les feuilles, de l'étendoir, sont portées par chaque ouvrière au magasin de comptage. Là, on en opère l'examen; on met au rebut celles qui présentent quelques taches, déchirures ou malfaçons; puis on porte sous la machine à régler celles dont les défauts peuvent disparaître au recoupage, tout en réservant à la feuille la grandeur voulue; ces feuilles sont enfin disposées dans des cases, suivant les numéros du grain, et livrées au commerce.

Dans les ateliers de tamisage et de *blutage*, et ceux de fabrication, chaque numéro, suivant le grain, est disposé dans une case spéciale; les cases sont à la disposition du contre-maître seul.

La quantité des poudres employées est, par 1,000 feuilles :

Pour l'émeri.	34 kilog.
— les scories de fer. . .	30
— le grès.	8
— le verre.	10
— le silex.	10

Il y a quelques variations dans ces chiffres, suivant la finesse du grain.

Quelquefois, pour éviter certains frais de main-d'œuvre, de transport, on fait usage d'une machine dite *poulie à l'anglaise*, qui, au moyen d'une petite roue d'engrenage, transporte aux ateliers le combustible, les

papiers, les poudres : ce système, adopté actuellement par M. Dumas, lui a permis de diminuer encore ses prix de fabrication.

Les papiers verrés ou émerisés, suivant la qualité, le poids, le genre et l'espèce, reçoivent un format commercialement reconnu.

Maintenant que nous avons donné, en quelques mots, la description de la fabrication, nous allons faire connaître comment M. Dumas-Frémy obtient ses poudres.

Pour faire les émeris première, on a soin de prendre de l'émeri de Naxos; les émeris seconde ou scories de fer sont peu résistants, et donnent, malgré leur prix inférieur, des feuilles peu appréciées par leur qualité dans le commerce. La différence des émeris vrais avec les émeris factices consiste en ce que le véritable émeri use et polit sans rayer les métaux, tandis que les scories rayent sans user et polir; l'émeri a une couleur brune tirant un peu sur le gris, tandis que les scories sont d'un brun noir.

Ces produits sont pulvérisés dans une usine spéciale.

A la fabrique, ils passent seulement dans des bluteries à tamis, où les poudres sont classées suivant la finesse du grain. Ainsi, en fabrication, on connaît les :

- N° 00, très-fin;
- N° 0, fin;
- N° 6, demi-fin;
- N° 5, moyen;
- N° 4, id. ;
- N° 3, demi-gros;
- N° 2, gros;
- N° 1, très-gros.

Une observation à faire, c'est que, pour l'émeri, on opère son tamisage par une bluterie d'abord, pour séparer complètement la poussière; puis, par une seconde séparation, on obtient le grain par tamisage à la main.

La moyenne de la fabrication faite par M. Dumas-Frémy est, par an, de 4,500,000 à 5,000,000 de feuilles : soit, en moyenne, par journée d'hiver, de 18,000 à 22,000, et, par journée d'été, de 23,000 à 25,000. Les ouvrières gagnent, par jour, de 1 fr. 50 à 3 fr. 50, et même au delà si elles sont habiles.

M. Dumas-Frémy a eu l'heureuse idée, quand une ouvrière entre dans sa fabrique, de ne pas lui demander d'apprentissage, c'est-à-dire qu'elle est sous la direction d'une femme qui lui montre le travail, et qu'elle reçoit cependant un salaire. L'ouvrière dite, en ce cas, contre-maîtresse est indemnisée, par le patron de la maison, du travail en moins qu'elle peut faire.

Les ouvrières, dans la fabrique de M. Dumas-Frémy, font le travail indistinctement, et changent de nature de travail chaque deux jours; elles n'emploient donc les poudres fines que tous les dix-huit jours environ.

Si, en effet, on assiste pendant quelque temps au saupoudrage des feuilles, on remarque qu'il n'y a de la poussière que dans la partie de l'atelier où l'on emploie les poudres les plus fines. Il suffit donc de faire faire ce travail successivement par chacune des ouvrières, pour qu'elles n'éprouvent aucun effet nuisible du milieu pulvérulent où elles travaillent momentanément.

Les toiles verrées ou émerisées faites chez M. Dumas-Frémy se fabriquent de la manière suivante :

On choisit le calicot d'une force différente, suivant les qualités que l'on veut obtenir; ces calicots sont baignés dans la colle, puis on les tend sur le châssis; le séchage obtenu, on passe à la brosse un deuxième encollage; on saupoudre, on laisse sécher; le séchage opéré, on fait un troisième encollage. On marque alors la toile, puis on la détend, et on la met en rouleau. A Paris, ces toiles passent sous un cylindre servant à les empêcher de devenir cassantes. On les emploie dans les filatures et surtout dans les ateliers d'ébénisterie.

La durée de ces toiles chargées d'émeri ou de verre compense la différence du prix d'achat; de plus, elles sont plus *maniabiles* pour l'ouvrier qui fait un travail demandant du soin (le travail de l'ébénisterie).

Dans la fabrication Dumas-Frémy, le mode d'aération donné dans les ateliers facilite beaucoup le séchage. Les couches d'air, au moyen de hottes placées sur différents points, se renouvellent continuellement; ce renouvellement est facilité, comme nous l'avons déjà dit, au moyen d'un appareil à palettes adopté dans cette nouvelle usine.

Assainissement.

Il résulte des dispositions adoptées par M. Dumas une grande amélioration sous le rapport de l'assainissement des ateliers : 1° en raison de ce que les ouvrières, n'étant dans les séchoirs que pendant le temps nécessaire pour étendre et détendre leur ouvrage, elles n'ont pas à respirer constamment les gaz qui se dégagent par l'effet de la dessiccation; 2° par le système de ventilation dans l'atelier de travail dont nous avons parlé ci-dessus; 3° par suite de la variété du travail à faire; 4° parce que l'atelier de fabrication peut subir un nettoyage facile, le sol étant bitumé et l'eau étant abondante; 5° enfin par l'emploi de blutoirs fermés et disposés de telle sorte que les ouvriers ne peuvent être *incommodés* par la poussière. Il est à remarquer, en outre, que,

pour éviter les inconvénients du contact des deux sexes, on a, autant que possible, séparé le travail des hommes de celui des femmes.

Conclusions.

Cette fabrication, déjà montée avec soin en 1843 et 1845, a été, ainsi que nous l'avons dit en commençant, récompensée par des médailles, une de bronze et une de platine, accordées par la Société d'encouragement à M. Frémy.

M. Dumas, son gendre et son successeur, ayant apporté dans cette industrie des modifications importantes, vos commissaires sont d'avis qu'il y a lieu de remercier M. Dumas de sa communication et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

Signé A. CHEVALLIER et DUCHESNE, rapporteurs.

Approuvé en séance, le 12 août 1863.

ARTS ÉCONOMIQUES.

RAPPORT fait par M. TRÉLAT, au nom du comité des arts économiques, sur les APPELS-A-JOINT et les RÉGULATEURS DE RIDEAUX DE CHEMINÉES D'APPARTEMENTS, présentés par M. FILLEUL, ébéniste, route d'Orléans, 22, à Montrouge.

Sous le nom d'*appel-à-joint*, M. Filleul présente à la Société un système d'assemblage applicable au montage des gros meubles; sous celui de *régulateurs*, un mode de manœuvre des rideaux de cheminées d'appartements.

M. Filleul a déjà obtenu de la Société un témoignage d'intérêt, lorsqu'il lui a soumis ses *coulisses à bandes métalliques et à galets*, pour rallonges de tables. Les idées qu'il cherche à propager aujourd'hui sont dignes du même intérêt.

Appel-à-joint. — L'appel-à-joint est principalement destiné à remplacer l'attache produite par les longues vis, qui rapprochent, dans les bois de lit, le bateau du dossier. Il est applicable, par conséquent, aux bibliothèques, armoires, billards, etc.

Dans l'ancien assemblage, l'une des pièces porte un ou plusieurs tenons à son extrémité, l'autre une ou plusieurs mortaises correspondantes. L'assujettissement et le serrage des pièces rapprochées s'opèrent sur le flanc

de l'assemblage en vissant un long boulon, dont la tête tient à l'une des pièces et l'écrou à l'autre. C'est ce mode d'assujettissement que M. Filleul a imaginé de remplacer.

Deux platines entaillées s'attachent par des vis sur les faces latérales des deux pièces qu'il faut réunir. Chacune de ces platines porte une oreille relevée d'équerre parallèlement au plan d'assemblage. A l'une des oreilles tient une tige percée d'une mortaise ; dans l'autre est ménagé un trou. En faisant pénétrer la tige dans le trou et en clavetant, on opère le serrage et l'on assujettit à point l'assemblage.

Le résultat obtenu par ce procédé est évidemment le même que celui que procure le moyen généralement employé. Mais l'*appel-à-joint* paraît présenter des avantages incontestables sur ce dernier. Sa *simplicité* ressort de l'unité même de la matière qui le compose : attaches, goujon et clavettes sont en fer ; tandis que l'ancienne *vis à bois de lit* traverse une tête de retenue en bois pour s'insérer dans un long écrou de même matière. La *promptitude* de l'assemblage se mesure par l'opération même qu'elle nécessite : un *simple clavetage* de beaucoup plus expéditif que le lent serrage de la vis à bois filetée d'un pas, nécessairement court et sur une grande longueur pour assurer l'attache dans une matière molle comme le bois.

Enfin la *sûreté* de l'attache repose sur la résistance même de ses éléments et sur ce que l'assemblage est découvert, visible en tous points et, par conséquent, toujours facile à constater dans son état.

On peut dire que l'*appel-à-joint* est un procédé d'assemblage supérieur à l'ancienne vis à bois de lit, et qu'il est destiné à remplacer cette dernière en offrant à l'usage plus de simplicité, plus de promptitude et plus de sûreté.

Régulateurs de rideaux de cheminées.—M. Filleul, nous l'avons dit, a encore présenté à la Société un triple système propre à la manœuvre des rideaux de cheminées d'appartements.

Les rideaux à contre-poids ont l'inconvénient de ne pouvoir être réparés, lorsque les attaches se dérangent, qu'en détruisant les encadrements qui les fixent aux intérieurs des cheminées. Cela résulte de la position même des contre-poids, qui sont nécessairement logés derrière les montants scellés de la faïence.

M. Filleul, voulant supprimer ces contre-poids, a cherché un système moteur tellement placé par rapport au rideau mobile, qu'on puisse, à volonté et en même temps que ce dernier, l'enlever du corps fixe de la cheminée. Son appareil de relèvement est situé derrière la traverse supérieure du cadre, mais il a proportionné cette élévation à la possibilité d'opérer la dépose du tout, lorsqu'on incline légèrement le cadre d'avant en arrière.

Cet appareil de relèvement est un ressort spiral, monté sur un axe horizontal perpendiculaire au rideau et bandé quand celui-ci est baissé. L'action du ressort se régularise par un rochet fonctionnant dans les deux sens ; en sorte que le jeu et l'arrêt du rideau sont assurés à la montée comme à la descente.

M. Filleul a obtenu le même résultat satisfaisant à l'aide de deux crémaillères verticales engagées dans les feuillures des montants, et d'un double verrou à ressort placé horizontalement au bas du rideau. Ce dernier, mû par une petite poignée centrale, a l'inconvénient de nécessiter, près du feu, le travail de la main pour manœuvrer le rideau.

Enfin une troisième disposition, utilisant les mêmes éléments que la précédente, montre une crémaillère unique placée latéralement sur le flanc extérieur de la cheminée.

Ces trois variantes d'un même appareil mettent en relief l'esprit chercheur de l'auteur et son permanent besoin d'approprier au mieux de leurs applications les idées qui germent en lui. En cela se montre un côté saillant de sa nature.

En résumé, Messieurs, votre comité, appréciant le mérite des communications de M. Filleul, a l'honneur de vous proposer :

- 1° De remercier l'auteur de sa double communication ;
- 2° De voter l'insertion, au *Bulletin*, du présent rapport et des figures des appareils qui motivent celui-ci ;
- 3° D'en délivrer des exemplaires à M. Filleul.

Signé TRÉLAT, rapporteur.

Approuvé en séance, le 22 avril 1863.

LÉGENDE DE LA PLANCHE 284 REPRÉSENTANT LES INVENTIONS DE M. FILLEUL.

Régulateurs de rideaux de cheminées.

Fig. 1. Vue de face d'un des systèmes de M. Filleul.

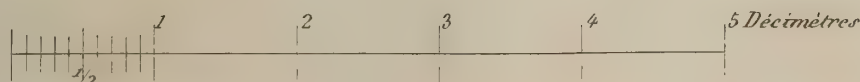
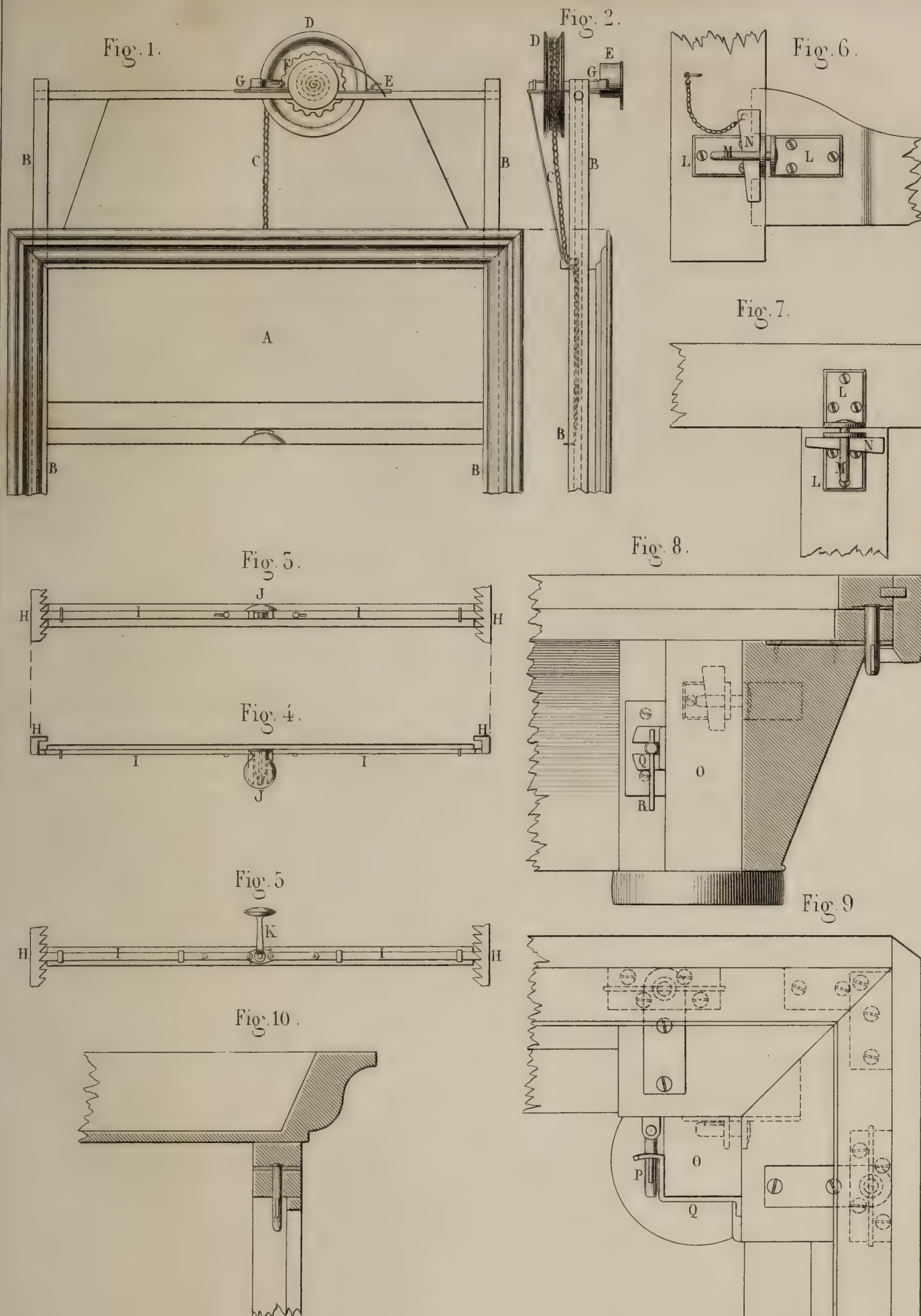
Fig. 2. Vue de profil.

Fig. 3. Vue de face partielle d'un autre système.

Fig. 4. Vue en dessus.

Fig. 5. Vue de face d'un troisième système.

Premier système (fig. 1 et 2). — A, rideau ordinaire en tôle, composé de plusieurs feuilles s'emboîtant à la manière ordinaire.



B, cadre dans lequel se meut le rideau.

C, chaîne de suspension du rideau.

D, poulie en bois pour l'enroulement de la chaîne C ; elle est montée sur un axe fixé perpendiculairement à la traverse supérieure du cadre B.

E, ressort spiral s'enroulant d'une part sur le prolongement de l'axe de la poulie D, et fixé d'autre part à la traverse supérieure du cadre B.

F, roue en bois à rochet calée sur l'axe de la poulie D contre cette poulie.

G, cliquet à ressort de la roue à rochet F.

La roue à rochet pouvant fonctionner dans les deux sens et régularisant l'action du ressort spiral E, il s'ensuit que le rideau se maintient, sans contre-poids, dans toutes les positions qu'on veut lui donner.

Deuxième système (fig. 3 et 4). — H, H, crémaillères placées verticalement en face l'une de l'autre, et engagées dans les feuillures des montants du cadre.

I, I, double verrou à bec taillé en biseau, s'engageant, de part et d'autre, dans la denture des crémaillères sous l'action constante d'un double ressort ; ce verrou est fixé horizontalement au bas de la feuille inférieure du rideau en tôle.

J, coquille de manœuvre du rideau ; sous cette coquille est une petite pince qu'on manœuvre avec les doigts et qu'il suffit de serrer pour désengager le double verrou et, par conséquent, pour monter ou descendre le rideau.

Troisième système (fig. 5). — Ce système est analogue au précédent ; la seule différence consiste en ce que la pince de manœuvre du double verrou et la coquille sont remplacées par une poignée unique K, qu'on n'a qu'à tourner pour faire sortir le verrou des crémaillères et rendre libre le rideau ; dès qu'on abandonne cette poignée à elle-même, un petit ressort la ramène en position et ferme de nouveau le verrou.

On a jugé inutile de représenter le système à crémaillère unique dont il est question dans le rapport, les deux derniers systèmes qui viennent d'être expliqués permettant de s'en rendre compte facilement.

Appel-à-joint.

Fig. 6. Vue de l'appel-à-joint appliqué à la réunion d'un bateau de lit avec le dossier.

Fig. 7. Autre assemblage analogue au précédent, le plan d'assemblage des deux pièces de bois étant horizontal.

L, L, platines en métal noyées dans l'épaisseur du bois sur lequel elles sont visées ; elles sont munies d'oreilles, de telle sorte que dans l'assemblage des deux pièces de bois, qui se fait, comme à l'ordinaire, par tenons et mortaises, ces deux oreilles viennent se placer en regard l'une de l'autre.

M, broche percée d'un œil, faisant corps avec l'oreille d'une platine et traversant l'oreille de l'autre platine.

N, clavette de serrage qu'on introduit dans l'œil de la broche M.

Fig. 8. Section verticale partielle d'un assemblage de deux bandes de billard.

Fig. 9. Vue en dessus correspondante à la figure 8.

Cet assemblage est obtenu au moyen de plusieurs appels-à-joint, que l'inspection des figures permet de comprendre facilement. Le serrage définitif autour du pied est obtenu au moyen des dispositions suivantes :

O, pied du billard.

P, broche montée sur charnière horizontale et fixée à l'une des bandes.

Q, patte en fer, recourbée d'équerre de manière à envelopper le pied et terminée par une fourche dans laquelle vient se rabattre la broche P.

R, clavette de serrage, qu'on insère dans la broche lorsqu'elle a été rabattue dans la fourche de la patte Q.

Fig. 10. Section verticale d'un assemblage pour bibliothèque. (M.)

INSTRUMENTS DE PRÉCISION.

NOTE SUR UNE RÈGLE A CALCUL SPÉCIALE, DESTINÉE AUX INGÉNIEURS ET COMBINÉE PAR M. DELAMORINIÈRE, ANCIEN INGÉNIEUR DE LA MARINE DE L'ÉTAT; PAR M. BENOÎT,

Membre du comité des arts mécaniques (1).

On construit et l'on trouve communément, en Angleterre, une grande variété de *Règles logarithmiques spéciales*, ou combinées de manière à faciliter les calculs à effectuer, pour obtenir la solution des questions et problèmes à résoudre dans chaque genre de profession particulière : et le prix de ces instruments n'en est pas trop élevé. L'usage de ces sortes de règles à calcul est très-répandu dans ce pays, même parmi les simples ouvriers, et l'on doit certainement regretter qu'il n'en soit pas encore ainsi en France.

Je crois donc faire une chose utile, et donner un exemple profitable des avantages que procure l'emploi de telles règles, en décrivant ici celle que M. Delamorinière, ancien ingénieur de la marine, que le Conseil regrette toujours de ne plus voir dans son sein, a combinée principalement pour le service des ingénieurs en général; qu'il a construite de ses propres mains; qu'il a divisée par un procédé particulier, très-ingénieux, et qu'il a bien voulu mettre à ma disposition, pour la placer sous les yeux du Conseil.

A la surface d'une règle de 0^m,05 de large et de 0^m,60 de long, sont creusées deux rainures parallèles, dirigées suivant sa longueur. La rainure

(1) Communication faite dans la séance du 29 juillet 1863.

supérieure, de 0^m,0095 de large, reçoit un *tiroir simple* portant six échelles logarithmiques consécutives, de 1 à 10, gravées sur son bord inférieur. La rainure inférieure, de 0^m,011 de large, sur la rive inférieure de laquelle les six mêmes échelles logarithmiques sont gravées, reçoit un *tiroir composé*, ou à la surface duquel est ménagée une petite feuillure latérale de 0^m,006, dans laquelle peut glisser une *languette*, s'appuyant contre la partie moyenne de la règle qui forme feuillure, pour la retenir de son côté. Les mêmes six échelles logarithmiques consécutives sont aussi gravées sur les bords supérieurs, apparents, de ce second tiroir et de sa languette. Les quatre suites d'échelles mentionnées sont d'ailleurs tellement placées, que, lorsque les deux tiroirs et la languette sont fermés, les divisions de même rang sont disposées sur une même droite transversale, perpendiculaire à la longueur de la règle, afin qu'un *curseur*, dont celle-ci est munie, y indique alors de telles divisions sur le tiroir simple et sur la languette du tiroir composé.

On voit, ainsi, que l'instrument est constitué par quatre échelles générales ou suite d'échelles logarithmiques : 1° celle du *tiroir simple*; 2° au-dessous, celle de la *languette* du tiroir composé; 3° plus bas, celle de ce *tiroir composé*; 4° enfin celle gravée au bas de la *règle* proprement dite. L'alignement des origines, ou *index* des premières échelles logarithmiques de ces quatre échelles générales, à gauche de la règle, et celui des origines de leurs quatrièmes échelles logarithmiques au milieu de la règle, lorsque l'instrument est fermé, sont gravés sur les parties libres, supérieure et intermédiaire, du corps de la règle, pour pouvoir y recourir, au besoin, comme *repères*.

Dans chacune des quatre échelles générales, la première échelle logarithmique, à gauche, sur laquelle le mot *millimètres* est gravé, concerne les millièmes d'unité; l'échelle logarithmique portant le mot *centimètres*, qui suit la précédente, à droite, se rapporte aux centièmes d'unité; et la troisième échelle logarithmique, aboutissant au milieu de l'instrument, sur laquelle on lit le mot *décimètres*, convient aux dixièmes d'unité.

Il résulte de ces dispositions que si l'*index* du tiroir composé est amené, à demeure momentanée, en regard de la mesure de la longueur d'un corps rectangulaire lue dans l'échelle de la règle; si l'*index* de la languette est placé de même en face de la mesure de la largeur de ce corps, lue dans l'échelle du tiroir composé; et si, enfin, la *ligne de foi* du curseur est amenée en regard de la mesure de l'épaisseur du corps, lue dans l'échelle de cette languette, la ligne de foi du curseur passera sur l'échelle du tiroir simple, fermé, par la division indiquant, évidemment, le produit des trois dimensions du corps rectangulaire considéré, et donnant, par conséquent, la valeur du volume de ce corps.

Il est clair que, si les dimensions du corps ont été mesurées en *mètres*, son volume fourni par l'instrument sera exprimé en *mètres cubes*, chacun de 1,000 litres; que, si ces dimensions sont données en *décimètres*, le volume le sera en *litres*, et que, si le corps considéré est de *l'eau* par exemple, le nombre alors indiqué par l'instrument désignera aussi le *poids de cette eau en kilogrammes*.

De ce que, si v est le volume d'un corps en décimètres cubes et ϖ le poids spécifique de la matière dont il est formé, son poids p , en kilogrammes, est $v \varpi$, on voit qu'il suffit, pour passer de v à p , d'augmenter ou de diminuer le logarithme de v , c'est-à-dire la longueur de la partie de l'échelle générale du tiroir simple, comprise entre son origine et la ligne de foi du curseur, de la longueur du logarithme de ϖ , prise à la même échelle. Par un artifice fort simple, M. Delamorinière a rendu son instrument propre à exécuter rapidement cette opération. A partir et à gauche du *repère* tracé au milieu de la longueur du corps de la règle, et sur sa bande libre supérieure, il a rapporté les longueurs des logarithmes des poids spécifiques du *platine*, de *l'or*, du *mercure*, du *plomb*, de *l'argent*, du *bismuth*, du *cuivre*, du *fer*, de la *fonte*, du *zinc*, du *marbre*, du *verre*, de *l'ivoire*, de la *houille compacte*, matières plus lourdes que l'eau. Les longueurs des logarithmes des poids spécifiques du *hêtre*, de *l'orme*, du *pommier*, du *sapin*, du *tilleul*, du *peuplier* et du *liège*, corps plus légers que l'eau, ont été rapportées sur la même bande et à droite du repère mentionné, sur lequel sont écrits les mots *eau ou volume*. Enfin les extrémités des longueurs de tous ces logarithmes sont indiquées par des traits transversaux gravés sur la rive supérieure de la rainure supérieure, et par les noms des matières qui s'y rapportent.

Il est donc manifeste que si, soit avant, soit après la manœuvre du tiroir composé, de sa languette et du curseur, pour obtenir le volume d'un parallépipède quelconque, et sans déranger le curseur, on amène le repère du milieu du tiroir simple en regard du trait portant le nom de la matière dont le corps est formé, le nombre indiqué sur ce tiroir par la ligne de foi du curseur sera l'expression du poids de ce corps; puisque, quelle que soit la valeur de ϖ , plus grande ou plus petite que l'unité, on a toujours obtenu la valeur du produit ϖv , c'est-à-dire le poids p du corps considéré.

On sait que les volumes de la *sphère* et du *cylindre inscrits dans un cube* et le volume de ce dernier sont respectivement dans les rapports de $\pi : 6$ et de $\pi : 4$, c'est-à-dire que l'on passe du volume, et par conséquent aussi du poids d'un cube, aux volumes et aux poids de la sphère et du cylindre inscrits, en les multipliant par les nombres 0,5236 et 0,7854, ou, ce qui est la même chose, en les divisant par les nombres 1,9099 et 1,2732. On sait encore que le multi-

plicateur 0,7854 et le diviseur 1,2732 doivent être aussi employés pour passer du volume et du poids du parallélipipède rectangulaire, embrassant exactement un cylindre d'une longueur quelconque, à ceux de ce cylindre.

S'appuyant sur ces théorèmes, M. Delamorinière a rapporté sur le tiroir simple, à gauche et à partir du repère occupant le milieu de sa longueur, les longueurs des logarithmes des nombres 1,9099 et 1,2732, et a inscrit, à leurs extrémités, marquées par des traits transversaux gravés sur le bord libre du tiroir simple, les mots *sphère*, *cylindre*, pour les distinguer aisément. Cela étant, on voit que, si avant ou après la manœuvre du tiroir composé, de sa languette et du curseur, pour faire indiquer par la ligne de foi de ce dernier, sur l'échelle du tiroir simple fermé, soit le cube du diamètre d'une sphère, soit le volume d'un parallélipipède rectangulaire, d'un équarrissage et d'une longueur donnés, on amène ces traits du tiroir simple, soit en regard du repère placé au milieu de la longueur de la règle, si la matière du corps considéré est de l'eau, soit en regard du trait de cette règle correspondant au poids spécifique de la matière composant ce corps, quelle qu'elle soit, la ligne de foi du curseur laissé dans sa position indiquera toujours sur l'échelle du tiroir simple tant le poids que le volume de la sphère ou du cylindre considérés.

On pourra évidemment agir, pour tout autre corps inscrit dans un parallélipipède et pour lequel on connaîtra le diviseur servant à en déduire le volume et le poids, comme je viens de l'expliquer. C'est ainsi, par exemple, que M. Delamorinière a rapporté sur son instrument la longueur du logarithme du nombre par lequel il faut diviser le volume et le poids du parallélipipède, pour passer aux volume et poids d'un cylindre creux inscrit, dont l'épaisseur est égale au $\frac{3}{26}$ de son diamètre extérieur.

Une circonstance qui ne surprendra pas ceux qui apprécient les services rendus par les règles à calcul, c'est que, en même temps que M. Delamorinière imaginait et fabriquait son premier instrument, de 1^m,20 de longueur, qui est aujourd'hui chez MM. Collot frères, de son côté M. Delaveleye sentait le besoin d'en combiner un du même genre, qui n'avait pas moins de 2^m,30 de long, et cela, sans qu'il y eût eu, entre ces deux ingénieurs distingués, échange préalable d'idées à ce sujet.

Ils avaient éprouvé, l'un et l'autre, quelques difficultés à lire et écrire couramment les nombres cherchés sur une échelle dont les grandes divisions 1, 2, 3, etc., ne sont pas toutes sous-divisées en 10 parties, et lorsque, surtout, les nombres 1, 2, 3, 4, etc., sont tantôt des *unités*, des *dizaines*, ou des *centaines*. Il leur sembla d'abord qu'en grandissant les dimensions de l'instrument on pourrait avoir des séries allant toujours de 10 en 10, pour les divisions principales aussi bien que pour les subdivisions, et qu'afin d'éviter les tâtonnements il y aurait avantage à écrire et lire les *millimètres*, les *centimètres*,

les *décimètres*, etc., dans les mêmes séries de la règle, composée, comme je l'ai expliqué, d'échelles spéciales pour les *longueurs*, *largeurs*, *épaisseurs*, etc.

Cette disposition, qui évite la confusion, a encore ce précieux avantage que les opérations qu'il faut faire pour obtenir le *poids* ou le *volume* d'un corps restent écrites sur l'instrument, ce qui permet de les vérifier avant d'en noter le résultat, tandis que, dans la règle ordinaire, l'opération qui suit efface toujours l'opération précédente.

Je serais heureux si les détails consignés dans cette note contribuaient à faire apprécier l'utilité des règles à calcul ordinaires et spéciales. Sans le secours de la règle décrite, que ses dimensions, un peu grandes, ne doivent pas faire repousser, puisqu'elle est essentiellement un instrument de bureau, il eût été certainement impossible à M. Delamorinière de rédiger, dans l'intervalle de temps qui lui fut accordé, les devis qu'il dressa, il y a quelques années, pour l'amélioration et l'agrandissement de l'usine que la marine de l'État possède à Indret.

Qu'il me soit permis de mentionner ici le volume in-42, que j'ai publié sous ce titre, *La règle à calcul expliquée, ou guide du calculateur à l'aide de la règle logarithmique à tiroir*, dans lequel j'ai indiqué les moyens de construire cet instrument, et enseigné, par de nombreux exemples, à y opérer toute sorte de calculs numériques d'*Industrie*, de *Commerce* et de *Banque*. (M. Mallet-Bachelier, éditeur.)

ARTS MÉCANIQUES.

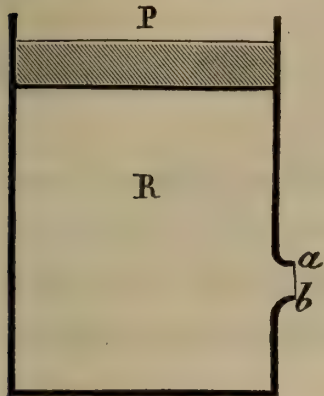
EXPOSÉ DES PRINCIPES DE LA THÉORIE MÉCANIQUE DE LA CHALEUR ET DE SES APPLICATIONS PRINCIPALES, PAR M. CH. COMBES. (*Suite du chapitre III.*) (1)

XXXIX. Les exemples précédents montrent assez comment les diverses questions relatives aux machines à vapeur alimentées par la vapeur à saturation doivent être abordées et résolues. Nous terminerons en rapportant l'heureuse application faite par M. le professeur Zeuner de la théorie mécanique de la chaleur à l'écoulement des gaz ou des vapeurs, dans l'ouvrage intitulé, *das Locomotiven-Blasrohr* (Zürich, 1863).

Soit un réservoir indéfini R, contenant un fluide, liquide ou gaz, sous une pression constante p_1 , qui sera réglée, si l'on veut, par un piston P. Le fluide s'écoule par un orifice *ab* dans un milieu extérieur où la pression également invariable est égale

(1) Voir le *Bulletin* d'octobre 1863, p. 594.

à p_2 . Le fluide, après sa sortie du réservoir, est à la pression p_2 du milieu extérieur et a, par conséquent, subi une variation de volume à laquelle correspond un travail moteur qui, en désignant par p les pressions successives par lesquelles il passe pour arriver



de p_1 à p_2 , et par v les volumes correspondants d'une certaine quantité déterminée du fluide, un kilogramme par exemple, sera exprimé, pour cette quantité, par l'intégrale définie

$\int_{v_1}^{v_2} p dv$, où v_1 et v_2 sont les volumes spécifiques (de l'unité de poids) correspondants aux pressions v_1 et v_2 . Le piston mo-

bile P, pendant l'écoulement, est descendu dans le réservoir cylindrique de manière à envahir l'espace délaissé par le volume v_1 de fluide sous la pression p_1 qui s'est écoulé; de là, un travail moteur exprimé par $p_1 v_1$. D'un autre côté, le fluide, en sortant sous le volume final v_2 , a dû surmonter la pression p_2 du milieu ambiant, ce qui a donné lieu à un travail résistant égal à $p_2 v_2$.

La demi-force vive du fluide sorti, dont le poids est égal à 1 kilog. et la masse, par conséquent, exprimée par $\frac{1}{g}$, g désignant la gravité, est donc égale

à $p_1 v_1 - p_2 v_2 + \int_{v_1}^{v_2} p dv$. En désignant par W la vitesse de sortie, que nous supposons commune à toutes les particules fluides, on a l'équation :

$$\frac{W^2}{2g} = p_1 v_1 - p_2 v_2 + \int_{v_1}^{v_2} p dv. \quad (1)$$

La vitesse de sortie W ne dépend donc pas seulement des pressions p_1 et p_2 et des volumes spécifiques correspondants v_1 et v_2 , mais encore de l'intégrale $\int_{v_1}^{v_2} p dv$, c'est-à-

dire de la loi suivant laquelle la pression p , dans le passage de p_1 à p_2 , varie avec le volume spécifique v . Or nous savons que cette loi dépend de la température qui peut elle-même varier.

Si le volume du fluide est considéré comme étant invariable, ainsi qu'on peut l'admettre dans le cas des liquides qui sont presque incompressibles et dont la dilatation, pour de petites variations de température, est négligable, on a $v_2 = v_1$, $dv = 0$; le dernier terme du second membre de l'équation (1) disparaît, et elle se réduit à :

$$\frac{W^2}{2g} = (p_1 - p_2) v_1.$$

Si nous appelons π le poids de l'unité de volume du liquide, nous aurons, d'après la définition, $v_1 \pi = 1$; d'où $v_1 = \frac{1}{\pi}$. La substitution de cette valeur à v_1 nous donne :

$$\frac{W^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\pi}. \quad (a)$$

C'est la formule connue et généralement usitée de l'écoulement des fluides incompressibles, que l'on applique aussi à l'écoulement de l'air et autres gaz permanents, dans le cas où la différence des pressions p_1 et p_2 est très-petite. Mais, dans ce dernier cas, nous savons qu'il existe entre le volume spécifique v , la pression p et la température centigrade t , la relation :

$$pv = R(a + t),$$

où R est un nombre constant pour chaque gaz et $a = 273$.

La différentiation donne :

$$p dv + v dp = R dt,$$

équation qui, dans l'hypothèse où le volume spécifique v resterait constant et où, par conséquent, on aurait $dv = 0$, se réduit à :

$$v dp = R dt;$$

d'où $dt = \frac{v}{R} dp$. Comme v est supposé constant et égal à v_1 , l'intégration s'effectue immédiatement, et nous donne, en désignant par t_1 , t_2 les températures respectivement correspondantes aux pressions p_1 et p_2 :

$$t_1 - t_2 = \frac{v_1}{R} (p_1 - p_2). \quad (2)$$

Le gaz ne peut donc sortir par l'orifice d'écoulement sous le même volume spécifique, la même densité qu'il avait dans l'intérieur du réservoir, seul cas dans lequel la vitesse d'écoulement W soit donnée par la formule $\frac{W^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\pi}$, que si la température a changé en même temps que la pression, l'abaissement de température $t_1 - t_2$ étant proportionnel à la différence des pressions $p_1 - p_2$. Or la chaleur interne d'un gaz permanent est (§ XVII, chap. II) indépendante de la pression et du volume et dépend de la température seule proportionnellement à laquelle elle varie, de sorte que, en désignant par U la chaleur interne, par t la température centigrade et par c_1 la chaleur spécifique du gaz à volume constant, on a :

$$dU = c_1 dt;$$

il suit de là que la chaleur interne du gaz, en passant de l'intérieur du réservoir dans le plan de l'orifice d'écoulement, où il est animé de la vitesse W donnée

par la formule $\frac{W^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\pi}$, a diminué de $c_1 (t_1 - t_2)$, ou en remplaçant $t_1 - t_2$ par sa valeur tirée de l'équation (2), de $\frac{c_1}{R} v_1 (p_1 - p_2)$. Le gaz, n'ayant, d'ailleurs, subi dans son trajet aucun changement de volume, n'a pu ni exercer ni subir aucun travail qui ait donné lieu à une disparition ou à une création de chaleur. La diminution de chaleur ne peut donc être causée que par une soustraction directe de cette même chaleur, et la formule $\frac{W^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\pi}$ implique nécessairement cette soustraction.

Si l'on suppose que la température du gaz, dans le trajet qu'il parcourt jusqu'à l'orifice d'écoulement, demeure invariable, on a entre p et v la relation :

$$pv = p_1 v_1 = \text{const.};$$

d'où,

$$p = \frac{p_1 v_1}{v},$$

et

$$\int_{v_1}^{v_2} p dv = p_1 v_1 \cdot L. \frac{v_2}{v_1}.$$

La formule générale (1) donne, dans ce cas :

$$\frac{W^2}{2g} = p_1 v_1 - p_2 v_2 + p_1 v_1 L. \frac{v_2}{v_1},$$

laquelle, à cause de $p_1 v_1 = p_2 v_2$, se réduit à $\frac{W^2}{2g} = p_1 v_1 L. \frac{v_2}{v_1}$, ou encore, en remplaçant $\frac{v_2}{v_1}$ par le rapport $\frac{p_1}{p_2}$, qui lui est égal, et v_1 par $\frac{1}{\pi}$:

$$\frac{W^2}{2g} = \frac{p_1}{\pi} L. \frac{p_1}{p_2}, \quad (b)$$

(π est le poids spécifique du gaz sous la pression p_1). Cette formule, dont on fait aussi fréquemment usage, suppose la constance de la température et, par conséquent, l'expansion progressive du gaz, à mesure qu'il passe de la pression p_1 à la pression p_2 . Elle implique donc que sa chaleur interne ne subit aucun changement. Mais, comme son expansion depuis le volume v_1 jusqu'au volume v_2 a donné lieu à un travail moteur exprimé par $\frac{p_1}{\pi} L. \frac{p_1}{p_2}$, une quantité de chaleur équivalente $A \frac{p_1}{\pi} L. \frac{p_1}{p_2}$ a nécessairement disparu, et a dû être fournie du dehors pour maintenir la température constante, comme le suppose la formule (b).

Si l'on admet que le gaz, pendant la durée de l'écoulement, ne reçoit ni n'émet aucune chaleur, la pression p et le volume v varieront ensemble (§ XVII,

chap. II), de telle sorte qu'on ait : $pv^k = p_1v_1^k$, k désignant le rapport $\frac{c}{c_1}$ des deux chaleurs spécifiques à pression constante et à volume constant.

L'intégrale $\int_{v_1}^{v_2} p dv$, lorsque l'on y remplace p par $p_1v_1^k \times \frac{1}{v^k}$, est égale (§ XVIII, chap. II) à :

$$\frac{1}{k-1} p_1 v_1 \left\{ 1 - \frac{v_1^{k-1}}{v_2^{k-1}} \right\}.$$

On a, d'ailleurs, $p_2v_2^k = p_1v_1^k$; d'où :

$$p_2v_2 = p_1v_1 \times \frac{v_1^{k-1}}{v_2^{k-1}},$$

et

$$p_1v_1 - p_2v_2 = p_1v_1 \left\{ 1 - \frac{v_1^{k-1}}{v_2^{k-1}} \right\},$$

la formule (1) devient, en y portant les valeurs précédentes :

$$\frac{W^2}{2g} = \frac{k}{k-1} p_1v_1 \left(1 - \frac{v_1^{k-1}}{v_2^{k-1}} \right). \quad (c)$$

Elle peut se mettre sous une forme beaucoup plus simple, en y introduisant les températures t_1 et t_2 . On a d'abord : $p_1v_1 = R(a + t_1)$; $\frac{k}{k-1} = \frac{\frac{c}{c_1}}{\frac{c}{c_1} - 1} = \frac{c}{c - c_1}$; et ayant égard à la relation générale $c - c_1 = AR$ (§ XV, chap. II), $\frac{k}{k-1} = \frac{c}{AR}$. D'ailleurs, ainsi que nous l'avons fait voir (§ XVIII), on a : $1 - \frac{v_1^{k-1}}{v_2^{k-1}} = \frac{t_1 - t_2}{a + t_1}$.

Moyennant ces substitutions, la formule (c) se réduit à :

$$\frac{W^2}{2g} = \frac{c}{A} (t_1 - t_2) \quad (\alpha)$$

où c désigne la chaleur spécifique du gaz à pression constante, A est l'équivalent calorifique de l'unité de travail, de sorte que $\frac{1}{A} = 424$. La température t_1 peut être facilement mesurée dans le réservoir, aussi bien que la pression p_1 . Quant à la température t_2 qui entre dans la formule (α), on peut la déterminer en fonction des pressions p_1 , p_2 et de la température t_1 . En effet, entre les trois équations :

$$\begin{aligned} p_1v_1 &= R(a + t_1) ; \\ p_2v_2 &= R(a + t_2) ; \\ p_1v_1^k &= p_2v_2^k, \end{aligned}$$

on peut éliminer, sans difficulté, v_1 et v_2 , et l'on obtient ainsi la relation :

$$\frac{a + t_2}{a + t_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}, \text{ ou en remplaçant } k \text{ par le rapport } \frac{c}{c_1} :$$

$$\frac{a + t_2}{a + t_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{c-c_1}{c}}. \quad (\epsilon)$$

Les deux équations (α) et (ϵ) équivalent à la formule (c), et sont d'un usage plus facile que celle-ci.

Rappelons que le rapport $\frac{c}{c_1}$ est sensiblement le même pour tous les gaz permanents,

et égal à 1,41. On a donc aussi pour tous les gaz $\frac{c-c_1}{c} = \frac{\frac{c}{c_1}-1}{\frac{c}{c_1}} = \frac{0,41}{1,41} = 0,2908$.

On a, d'ailleurs, pour l'air atmosphérique, entre les limites des expériences de M. Regnault, $c = 0,23754$. Les équations (α) et (ϵ), en y portant ces valeurs numériques, et y remplaçant $\frac{1}{A}$ par 424, deviennent donc, pour l'air :

$$\frac{W^2}{2g} = 424 \times 0,23754 (t_1 - t_2) = 100,717 (t_1 - t_2);$$

$$273 + t_2 = (273 + t_1) \times \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0,2908}$$

d'où :

$$t_1 - t_2 = (273 + t_1) \left\{ 1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0,2908} \right\}.$$

Les trois formules (a), (b), (c) donnent, pour $\frac{W^2}{2g}$, des valeurs très-peu différentes, quand les pressions p_1 et p_2 ne diffèrent elles-mêmes que d'une assez petite fraction de p_1 . Il en est tout autrement dans le cas où la différence des pressions $p_1 - p_2$ se rapproche de p_1 , et, dans ce cas, il paraît que la formule (c), ou les équations équivalentes (α) et (ϵ), donnent des résultats plus rapprochés de la réalité que les deux autres.

XL. La formule (1) du § précédent

$$\frac{W^2}{2g} = p_1 v_1 - p_2 v_2 + \int_{v_1}^{v_2} p dv$$

subsiste dans tous les cas et s'applique à tous les fluides, liquides ou gazeux. Dans tous

les cas aussi, l'intégrale $\int_{v_1}^{v_2} p dv$ exprime le travail mécanique externe développé par

l'unité de poids du fluide, en passant de la pression initiale p_1 et du volume initial v_1 à la pression p_2 et au volume v_2 , tandis qu'il exerce sur les particules contiguës et éprouve de leur part une pression variable p constamment égale à sa propre force élastique. Donc une quantité de chaleur équivalente à ce travail et exprimée

par $A \int_{v_1}^{v_2} p dv$ a dû disparaître. Or la chaleur disparue s'obtiendra en ajoutant à la

chaleur interne que possédait l'unité de poids du fluide, dans son état initial, la chaleur qu'il a reçue du dehors pendant le changement d'état, et retranchant de cette somme la chaleur interne qu'il possède dans son état final, sous la pression p_2 et le volume v_2 . Désignant par Q la chaleur reçue du dehors, par U_1 la chaleur interne *initiale*,

par U_2 la chaleur interne *finale*, nous aurons $A \int_{v_1}^{v_2} p dv = Q + U_1 - U_2$. La formule (I)

peut donc être remplacée par la suivante :

$$\frac{W^2}{2g} = p_1 v_1 - p_2 v_2 + \frac{Q + U_1 - U_2}{A}. \quad (\text{I})$$

La chaleur interne U est, pour un corps quelconque, une fonction de la pression p et du volume spécifique v . Toutes les fois donc que la nature de cette fonction nous sera connue, comme elle l'est pour les gaz permanents, entre certaines limites de température, nous pourrons, étant données les pressions initiale et finale p_1 et p_2 et les volumes spécifiques correspondants v_1 et v_2 , ainsi que la quantité de chaleur Q reçue du dehors pendant le changement d'état, déterminer la vitesse d'écoulement W . Pour la vapeur d'eau à l'état de saturation, comme pour un mélange de vapeur et d'eau dans des proportions pondérales données, il suffit de connaître la pression p , pour en déduire le volume spécifique v et la chaleur interne U . Ainsi la pression p_1 étant donnée, avec les proportions de vapeur et d'eau qui constituent le mélange primitif, nous pouvons, par cela même, considérer v_1 et U_1 comme connus. D'un autre côté, la pression p_2 étant également donnée, nous savons déterminer les modifications que la composition du mélange de vapeur et d'eau a subies, en se dilatant progressivement depuis la pression p_1 jusqu'à la pression p_2 , c'est-à-dire les proportions pondérales de vapeur et d'eau existantes à l'état final sous la pression p_2 , dans le cas où il n'y a eu ni addition ni soustraction de chaleur pendant le changement d'état (§ XXVIII et XXIX). Dans le cas donc où l'on a à chaque instant $dQ = 0$, et par conséquent aussi $Q = 0$, ces proportions étant connues, v_2 et U_2 le seront également, et la formule (I) nous donnera la valeur de $\frac{W^2}{2g}$ et de la vitesse d'écoulement W sous la pression p_2 .

Indiquons en détail la manière d'opérer. Nous supposons que le fluide, sous la pression p_1 , contient, par unité de poids, m_1 de vapeur d'eau et $1 - m_1$ d'eau liquide. Appelant v_1' le volume spécifique de la vapeur saturée et sèche correspondante à la pression p_1 , et v_1'' le volume spécifique de l'eau liquide à la température t_1 sous la pression p_1 , nous aurons évidemment :

$$v_1 = m_1 v_1' + (1 - m_1) v_1'' = m_1 (v_1' - v_1'') + v_1''.$$

Mais le volume spécifique de l'eau liquide est presque toujours négligeable par rapport à celui de la vapeur; nous pouvons donc, en désignant par u_1 l'excès $v_1' - v_1''$ du volume spécifique de la vapeur sur celui de l'eau liquide à la même température, poser simplement, toutes les fois que m_1 ne diffère pas beaucoup de l'unité :

$$v_1 = m_1 u_1,$$

et, par suite :

$$p_1 v_1 = m_1 p_1 u_1.$$

p_2 étant donné, la température t_2 correspondante à cette pression et à l'état de saturation est connue. Nous admettons qu'il n'y a eu ni addition ni soustraction de chaleur, de sorte qu'à chaque instant $dQ = 0$. Le mélange gazeux s'étant dilaté depuis la pression p_1 et la température t_1 jusqu'à la pression p_2 et à la température correspondante t_2 , en exerçant sur les molécules ambiantes et éprouvant de leur part une pression constamment égale à sa propre force élastique p , l'équation (N) du § XXVIII, dans laquelle on pose $dQ = 0$, est applicable, et nous avons, en conséquence,

$$cdt + d(mr) - \frac{mrdt}{a+t} = 0,$$

équation dont l'intégrale est (§ XXIX au commencement) entre les limites t_1 et t_2 :

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{cdt}{a+t} = \frac{m_1 r_1}{a+t_1} - \frac{m_2 r_2}{a+t_2} \quad (m).$$

J'ai donné, dans le § XXX (1), la valeur de l'intégrale $\int_{t_1}^{t_2} \frac{cdt}{a+t}$, en prenant pour

la chaleur spécifique c de l'eau liquide la formule empirique que M. Regnault a déduite de ses expériences :

$$c = 1 + 0,00004 t + 0,0000009 t^2.$$

c variant, d'ailleurs, très-peu entre les limites des températures auxquelles la vapeur d'eau à saturation est utilisée, on peut la considérer comme constante et l'intégrale

(1) Voir *Bulletin* d'octobre 1863, p. 591.

$\int_{t_1}^{t_2} \frac{cdt}{a+t}$ se réduit à $c \text{ L. } \frac{a+t_2}{a+t_1}$. L'équation (m) devient alors :

$$c \text{ L. } \frac{a+t_2}{a+t_1} = \frac{m_1 r_1}{a+t_1} - \frac{m_2 r_2}{a+t_2} \quad (n)$$

C'est sous cette forme qu'elle a été donnée pour la première fois par M. Clausius et qu'elle est appliquée par M. Zeuner. Ce dernier adopte pour c la valeur moyenne 1,0224 pour l'eau aux températures où elle existe dans les chaudières ordinaires à haute pression, et la valeur moyenne 1,013 pour les températures voisines de 100°, qui ont lieu dans les chaudières dites à basse pression.

Dans les équations (m) et (n), t_1 et m_1 sont des données de la question. La pression du milieu dans lequel s'écoule la vapeur humide étant également donnée, t_2 est la température de la vapeur saturant l'espace sous cette pression. On pourra donc la calculer par les formules empiriques ou la prendre dans les tables de M. Regnault. Les chaleurs de vaporisation de l'eau r_1 et r_2 , aux températures respectives t_1 et t_2 , seront calculées, soit par la formule :

$$r = 606,5 + 0,305 t - (t + 0,00002 t^2 + 0,0000003 t^3),$$

soit par la formule approchée :

$$r = 606,5 + 0,305 t - ct;$$

en prenant dans cette dernière $c = 1,0224$ ou $c = 1,013$, selon que les températures t_1 et t_2 sont plus ou moins élevées par rapport à 100°. L'une ou l'autre de ces équations ne contient donc d'autre inconnue que m_2 , et peut servir à la déterminer. Sachant que la vapeur, à sa sortie de l'orifice d'écoulement, renferme par unité de poids m_2 de vapeur et $1 - m_2$ d'eau liquide, nous pouvons calculer U_2 , et enfin obtenir $\frac{W^2}{2g}$, en portant les valeurs de U_1 , U_2 avec celles de v_1 , v_2 dans la formule (I) qui, en raison de $Q = 0$, se réduit à :

$$\frac{W^2}{2g} = p_1 v_1 - p_2 v_2 + \frac{U_1 - U_2}{A}. \quad (II)$$

Or nous avons fait voir, au commencement de ce paragraphe, que

$$p_1 v_1 = m_1 p_1 u_1;$$

de même

$$p_2 v_2 = m_2 p_2 u_2.$$

Nous savons (§ XXVII) que :

$$U_1 = m_1 \left\{ \int_0^{t_1} cdt + r_1 - A p_1 u_1 \right\} + (1 - m_1) \int_0^{t_1} cdt,$$

et, en réduisant

$$U_1 = \int_0^{t_1} c dt + m_1 r_1 - m_1 A p_1 u_1;$$

de même

$$U_2 = \int_0^{t_2} c dt + m_2 r_2 - m_2 A p_2 u_2.$$

Ces valeurs étant substituées dans l'équation (II), il vient :

$$\frac{W^2}{2g} = \frac{\int_0^{t_1} c dt - \int_0^{t_2} c dt}{A} + \frac{m_1 r_1 - m_2 r_2}{A} = \frac{1}{A} \left\{ \int_{t_2}^{t_1} c dt + m_1 r_1 - m_2 r_2 \right\}.$$

de l'équation (m) on tire :

$$m_2 r_2 = \frac{a + t_2}{a + t_1} \times m_1 r_1 - (a + t_2) \int_{t_1}^{t_2} \frac{c dt}{a + t};$$

portant cette dernière valeur de $m_2 r_2$, on a :

$$\frac{W^2}{2g} = \frac{1}{A} \left\{ \int_{t_2}^{t_1} c dt + (a + t_2) \int_{t_1}^{t_2} \frac{c dt}{a + t} + m_1 r_1 \times \frac{t_1 - t_2}{a + t_1} \right\}.$$

Si l'on suppose la chaleur spécifique de l'eau liquide c constante, en lui attribuant la valeur moyenne entre celles qui conviennent aux températures extrêmes t_1 et t_2 , on a :

$$\int_{t_2}^{t_1} c dt = c (t_1 - t_2);$$

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{c dt}{a + t} = c L. \frac{a + t_2}{a + t_1} = -c L. \frac{a + t_1}{a + t_2},$$

mais $L. \frac{a + t_1}{a + t_2} = L. \left(1 + \frac{t_1 - t_2}{a + t_2} \right).$

$\frac{t_1 - t_2}{a + t_2}$, a étant égal à 273, est une assez petite fraction pour que l'on puisse remplacer, très-approximativement, $L. \left(1 + \frac{t_1 - t_2}{a + t_2}\right)$, par le premier terme de son développement en série, c'est-à-dire par $\frac{t_1 - t_2}{a + t_2}$. On peut donc écrire :

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{cdt}{a + t} = -c \frac{t_1 - t_2}{a + t_2},$$

et $(a + t_2) \int_{t_1}^{t_2} \frac{cdt}{a + t} = -c(t_1 - t_2).$

Donc $\int_{t_2}^{t_1} cdt + (a + t_2) \int_{t_1}^{t_2} \frac{cdt}{a + t}$ est très-approximativement égal à 0, et la valeur

de $\frac{W^2}{2g}$ prend la forme simple :

$$\frac{W^2}{2g} = \frac{1}{A} m_1 r_1 \frac{t_1 - t_2}{a + t_1}. \quad (\text{III})$$

Prenons un exemple numérique. — Que le réservoir R contienne de la vapeur à saturation et parfaitement sèche à la pression constante de 7 atmosphères, soit 5320 millim. de mercure ou 72338 kilog. par mètre carré superficiel. On aura, dans ce cas, $m_1 = 1$, et, d'après le tableau de M. Zeuner, donné au § XXVI, $t_1 = 165^{\circ},34$. La chaleur de vaporisation correspondante r_1 peut être calculée, au moyen de la formule :

$$r_1 = 606,5 + 0,305 \times 165,34 - \left(165,34 + 0,00002 \times 165,34^2 - 0,0000003 \times 165,34^3\right),$$

ou tirée du même tableau en ajoutant les valeurs numériques de ρ et de $A\rho u$ inscrites dans les colonnes verticales 7 et 5 de ce tableau, dans la ligne horizontale correspondante à la pression donnée de 7 atmosphères. Le calcul par la formule empirique de M. Regnault donne $r_1 = 489,686$; le tableau de Zeuner donne $r_1 = 489,718$. La différence est insignifiante, et nous pouvons prendre $r_1 = 489,7$.

Si la vapeur s'écoule par un orifice dans l'air extérieur, sous une pression barométrique d'une atmosphère, 760 millim. de mercure, nous aurons $t_2 = 100^{\circ}$.

En portant ces valeurs dans la formule approchée, et y remplaçant $\frac{1}{A}$ et a par leurs valeurs numériques respectives 424 et 273, nous trouvons :

$$\frac{W^2}{2g} = 424 \times 489,7 \times \frac{65,34}{438,34} = 30950,24.$$

Si l'on remplace g par la valeur 9,8088, on trouve, en effectuant les derniers calculs, pour la vitesse W avec laquelle le fluide gazeux franchit le plan de l'orifice d'écoulement, où sa pression est supposée réduite à la pression extérieure d'une atmosphère :

$$W = 779^m,21 \text{ par seconde.}$$

Quelle est la composition, en vapeur et en eau liquide, du fluide gazeux qui traverse l'orifice d'écoulement, et quel est son poids spécifique ? La réponse à ces questions dépend de la valeur de m_2 , qui est fournie par l'équation (m), ou, au degré d'approximation auquel nous nous arrêtons, par l'équation (n), dans laquelle nous remplacerons encore $L \cdot \frac{a + t_2}{a + t_1}$ par le premier terme de son développement en série, c'est-à-dire par $\frac{t_2 - t_1}{a + t_1}$, et c par la chaleur spécifique moyenne de l'eau liquide entre $t_2 = 100^\circ$ et $t_1 = 165^\circ,34$, qui est, à peu près, 1,02. Moyennant cela, et en y posant aussi $m_1 = 1$, l'équation (n) se réduit à :

$$1,02 \times \frac{t_2 - t_1}{a + t_1} = \frac{r_1}{a + t_1} - \frac{m_2 r_2}{a + t_2};$$

d'où :

$$m_2 = \frac{a + t_2}{a + t_1} \times \frac{1}{r_2} [r_1 + 1,02 (t_1 - t_2)];$$

r_2 est la chaleur de vaporisation de l'eau sous la pression d'une atmosphère, à la température de 100° .

La formule empirique de M. Regnault nous donne $r_2 = 637 - 100,5 = 536,5$; du tableau de Zeuner, § XXVI, on déduit : $r_2 = 40,092 + 496,21 = 536,302$. Adoptant la première valeur $r_2 = 536,5$, et introduisant les autres valeurs numériques données ou déjà calculées, savoir :

$$t_1 = 165,34; t_2 = 100; r_1 = 489,7, \text{ et } a = 273,$$

on trouve :

$$m_2 = \frac{373}{438,34} \times \frac{1}{536,5} \times [489,7 + 1,02 \times 65,34] = \frac{207517,3564}{235169,41} = 0,8824.$$

C'est-à-dire que la vapeur, qui était sèche à la température de $165^\circ,34$, lorsqu'elle arrive à la pression d'une atmosphère, est transformée en un mélange de vapeur et d'eau qui contient par kilogramme $0^k,88245$ de vapeur et $0^k,1176$ d'eau liquide à la température commune de 100° . Désignant par V le volume du kilogramme (volume spécifique) de la vapeur d'eau à l'état de saturation à la température de 100° , nous trouvons par le calcul connu, ou dans le tableau de Zeuner (colonne verticale 10, sur la ligne horizon-

tale correspondante à une atmosphère de pression), $V = 1^{\text{m}^3},646$. Le volume spécifique de l'eau liquide à 100° étant considéré comme égal à $0^{\text{m}^3},001$, en négligeant la dilatation de l'eau, nous aurons évidemment pour le volume spécifique de la vapeur humide V_2 , au moment où elle traverse le plan de l'orifice d'écoulement :

$$V_2 = 0,8824 \times 1,646 + 0,1176 \times 0,001 = 1^{\text{m}^3},4525.$$

Le poids spécifique du fluide est, en conséquence, $\frac{1}{V_2} = \frac{1}{1,4525} = 0,6885$.

Ω désignant donc la section plane, exprimée en mètres carrés, de l'orifice par laquelle s'écoule la vapeur humide en filets dont nous supposons la direction perpendiculaire à cette section, abstraction faite de tout effet de contraction, le poids du fluide débité par seconde, exprimé en kilogrammes, sera :

$$\Omega \times W \times 0,6885 = \Omega \times 779,21 \times 0,6885 = 536,486 \times \Omega.$$

C'est-à-dire que le débit, par chaque centimètre carré de l'orifice d'écoulement, sera de $\frac{536^{\text{k}},486}{10000} = 53^{\text{grammes}},6$ par seconde.

Les considérations et équations précédentes sont applicables à l'écoulement de la vapeur sortant d'une chaudière remplie seulement en partie d'eau, et dont le reste est occupé par la vapeur maintenue à une pression constante par l'action du foyer. Dès que la vapeur humide a franchi l'orifice et pénétré dans l'atmosphère, le jet se dilate, la vitesse W diminue; l'extinction graduelle de la force vive due à cette vitesse amène une création de chaleur équivalente qui détermine la vaporisation des particules d'eau, si bien qu'à une petite distance de l'orifice on n'a plus qu'un jet élargi de vapeur parfaitement sèche et transparente, à laquelle on peut exposer la main sans en être brûlé.

(La suite prochainement.)

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1862.

RAPPORT SUR LES PRODUITS CHIMIQUES INDUSTRIELS (CLASSE II, SECTION A), PAR
M. A. W. HOFMANN, PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE LONDRES. (*Suite*) (1).

Acide chlorhydrique et agents décolorants.

M. Hofmann commence par faire remarquer que, bien que le nombre des applications de l'acide chlorhydrique ait considérablement augmenté depuis dix ans, on continue, cependant, dans certaines fabriques où on transforme le chlorure de sodium

(1) Voir les *Bulletins* d'août et de septembre 1863, p. 478 et 546.

en sulfate de soude, à condenser cet acide dans le seul but de s'en débarrasser. Parmi les moyens très-variés qu'on emploie dans ce but et qui consistent surtout dans des tours remplies de coke, il indique celui auquel on a recours dans quelques usines situées sur les bords de la mer et qui consiste à faire passer l'acide chlorhydrique gazeux à travers de longues galeries traversées par un courant d'eau de mer; lorsque cette dernière est chargée d'acide, on la fait retourner vers l'Océan.

Il existe deux espèces d'acide chlorhydrique dans le commerce : 1° l'acide chlorhydrique ordinaire, et 2° l'acide chlorhydrique incolore qui ne contient pas de fer. On obtient généralement ce dernier, en plaçant entre les fours à sulfate de soude et les tours à coke une série de réfrigérants en pierre ou en poterie. Pendant la condensation partielle qui a lieu dans ces vases, tout le chlorure ferrique se dépose, et l'acide qui s'écoule des tours est tellement exempt de fer, que le sulfocyanure de potassium n'y produit pas la moindre coloration rouge.

MM. Filhol et Lacassin (1) ont trouvé jusqu'à 0,5 pour 100 d'arsenic dans l'acide chlorhydrique du commerce.

Autrefois on recueillait presque toujours l'acide chlorhydrique dans des tourilles en verre; maintenant on emploie très-fréquemment des tourilles en gutta-percha.

L'emploi profitable de l'acide chlorhydrique, dégagé pendant la fabrication du carbonate de soude, constituant déjà à lui seul un des problèmes les plus difficiles à résoudre pour le fabricant de soude, il est évident que tous les procédés de fabrication de l'acide chlorhydrique qui ne se rattachent pas à celle de la soude ne peuvent offrir qu'un intérêt purement scientifique. C'est à ce titre que nous citons, d'après l'auteur, le procédé de M. Pelouze (2) par le chauffage au rouge du chlorure de magnésium hydraté, et celui de M. Ramon de Luna (3) par la calcination du sulfate de magnésie naturel d'Espagne avec moitié son poids de chlorure de sodium.

Emplois de l'acide chlorhydrique. — « Les applications de l'acide chlorhydrique, poursuit M. Hofmann, sont très-variées; les principales comprennent la préparation du chlore, celle du chlorure de chaux et des hypochlorites décolorants en général.

« L'industrie cotonnière consomme de grandes quantités d'acide hydrochlorique sous ses diverses formes. Le blanchisseur en emploie beaucoup pour décomposer le savon calcaire qui se forme lorsqu'on fait bouillir avec de la chaux des tissus écrus ou imprégnés de matières grasses (4). Les acides gras, mis en liberté, sont éliminés ultérieurement au moyen du carbonate de soude. Le teinturier emploie aussi beaucoup d'acide chlorhydrique (de la qualité qui ne contient pas de fer) pour préparer son chlorure d'étain. On fait également une grande consommation du même acide dans la

(1) Filhol et Lacassin, *Journ. pharm. chem.*, nov. 1862, 403.

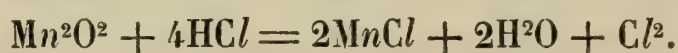
(2) Pelouze, *Comptes rendus*, LII, 1267.

(3) Ramon de Luna, *Ibid.*, XLI, 95.

(4) Dans beaucoup de blanchisseries on emploie l'acide sulfurique; mais, en Alsace, les blanchisseurs se servent invariablement de l'acide chlorhydrique pour éviter la formation d'un sel calcaire insoluble (Sheurer-Kestner).

préparation du chlorure de potasse, du sel ammoniac, du chlorure d'antimoine et de l'oxychlorure de plomb. L'acide chlorhydrique est, en outre, un dissolvant très-convenable du phosphate de chaux des os, en vue de la préparation de la gélatine. Il est un des principaux constituants de l'eau régale. Il sert à dégager l'acide carbonique du carbonate de chaux dans la fabrication du bicarbonate de soude et du carbonate de magnésie; on l'emploie encore lorsqu'on veut convertir le carbonate et le sulfure baryques en chlorure de barium, servant à la préparation du *blanc fixe*. A l'aide de cet acide, on peut décomposer le sulfate de plomb pour isoler de nouveau l'acide sulfurique et le rendre applicable. On peut utiliser l'action dissolvante de l'acide chlorhydrique pour extraire, d'une variété de minerais (1), le carbonate et l'oxyde de cuivre hydraté, et M. Margueritte en recommande l'emploi pour précipiter le sel marin de solutions salines mixtes. Enfin on peut utiliser l'acide chlorhydrique dans la fabrication du phosphore, en le faisant agir, à l'état gazeux, sur un mélange au rouge vif de phosphate de chaux et de carbone. Il y a désoxydation de l'acide phosphorique, et le phosphore est mis en liberté avec formation de chlorure de calcium et dégagement d'eau et d'oxyde de carbone.

Préparation du chlore. — « Le procédé ordinaire de préparation du chlore, c'est-à-dire le traitement du peroxyde de manganèse du commerce par l'acide chlorhydrique, est représenté par l'équation,



« Cette équation démontre que la moitié seulement du chlore de l'acide chlorhydrique est mise à profit, l'autre moitié restant en combinaison avec le manganèse. On pourrait facilement mettre en liberté tout le chlore, en employant un mélange de manganèse, de chlorure de sodium et d'acide sulfurique, de manière à laisser du sulfate de manganèse dans le résidu. M. Müller (2) s'est occupé de cette question; mais, tant que l'acide sulfurique aura plus de valeur que l'acide chlorhydrique, cette méthode ne sera pas économique.

« Cependant M. Monod (3) a proposé un appareil à chlore à deux compartiments : le premier contenant le mélange d'acide sulfurique et de chlorure de sodium dégageant l'acide chlorhydrique; le second renfermant une couche de manganèse étendue sur un diaphragme perforé recouvert d'eau. Le gaz acide chlorhydrique, passant du premier compartiment dans le second, est décomposé par le peroxyde de manganèse, et le chlore est dégagé. Cet appareil atteint son but en ce qu'il maintient séparés les deux sels produits; mais ce n'est pas la première fois qu'on propose le principe qui sert de base à cet arrangement. »

En Angleterre, autant que le rapporteur a pu s'en assurer, on traite invariablement

(1) Dans les fabriques de soude de Ringkuhl, près Cassel, on produit de grandes quantités d'acide chlorhydrique pour extraire le cuivre des ardoises de Stadtberge, en Westphalie.

(2) Müller, *Dingler's Pol. Journ.*, CXVIII, 118.

(3) Monod, *Rep. of pat. inv.*, août 1857, 94.

le minerai de manganèse par l'acide chlorhydrique liquide. Les seuls perfectionnements réels qu'on ait adoptés dans le procédé ont trait à l'appareil dans lequel se fait la réaction et qui se compose de vases en pierre de grande dimension, résistant à l'action des acides et du chlore, et chauffés, au gré de l'opérateur, soit par un foyer ordinaire, soit par la vapeur.

« En France (dans les usines de M. Kestner, à Thann, par exemple) on emploie fréquemment des citernes en pierre siliceuse, creusées dans un seul bloc massif. Dans quelques fabriques, aux environs de Newcastle, on fait usage de citernes semblables. Dans le Lancashire, ces grandes citernes se composent généralement de six dalles épaisses de la pierre du Yorkshire. On les réunit au moyen de rainures taillées dans ces dalles ; les joints sont mastiqués par des lanières en caoutchouc, ou par un ciment capable de résister à une chaleur considérable. Les pierres sont maintenues en position au moyen d'écrous en fer qui les relient fortement.

« Pour vider et nettoyer ces citernes, il existe, à l'une des extrémités de chacune d'elles, une grande ouverture circulaire pourvue d'un couvercle en pierre. Les citernes qu'on emploie actuellement, en Angleterre, peuvent contenir de 400 à 800 livres (180 à 360 kilog.) de manganèse. On les chauffe généralement à la vapeur. Le chlore dégagé est conduit au dehors au moyen de tuyaux en plomb ajustés à des tubes en gutta-percha, au point où le gaz dans son parcours s'est suffisamment refroidi.

« Depuis quelques années, M. Tennant de Glasgow fait usage d'un procédé introduit par M. C. T. Dunlop, et consistant dans la décomposition d'un mélange de chlorure et de nitrate sodiques au moyen de l'acide sulfurique. Les produits de la réaction sont du chlore, de l'acide nitreux et du bisulfate de soude ; on sépare les deux produits volatils et on les emploie séparément, l'un pour la fabrication du chlorure de chaux et l'autre pour celle de l'acide sulfurique. »

Telles sont, dit M. Hofmann, les méthodes de préparation du chlore sanctionnées par la pratique en grand. A côté d'elles, il convient de citer rapidement quelques procédés qui n'ont, jusqu'ici, d'importance qu'au point de vue scientifique et qui sont ceux-ci :

1° Calcination d'un mélange de sulfate de magnésie hydraté, de sel marin et de peroxyde de manganèse (M. Ramon de Luna (1)).

2° Traitement du chromate de potasse par l'acide chlorhydrique (M. Peligot (2) et M. Gentale (3)).

3° Réaction de l'acide chlorhydrique sur le chromate de chaux (brevet de M. Shank (4)).

(1) Ramon de Luna, *Comptes rendus*, XLI, 95.

(2) Peligot, *Ann. chim. phys.* (2), LII, 267.

(3) Gentale, *Dingl. Pol. Journ.*, CXXV, 492.

(4) C'est feu M. John Wilson qui, le premier, indiqua la série de réactions faisant partie de ce procédé (Gossage).

4° Préparation du chlorure cuivrique qu'on décompose, par la calcination dans des cornues, en chlorure cuivreux et en chlore libre (M. Laurens (1)). Ce procédé a été, antérieurement à M. Laurens, indiqué par M. Gatty, à Accrington (Angleterre), et par M. Vogel, en Allemagne (2).

5° Enfin, tout récemment, M. Schloësing (3) a appelé l'attention des chimistes sur la réaction suivante, qui, d'après lui, pourrait être utilisée dans la préparation industrielle du chlore : le peroxyde de manganèse, attaqué par un mélange convenable d'acides nitrique et chlorhydrique, produit du chlore ainsi qu'une solution de nitrate de manganèse. Cette solution, évaporée à siccité, fournit du nitrate de manganèse qui, calciné, reproduit du peroxyde de manganèse. Les vapeurs nitreuses mélangées d'air et de vapeur d'eau qui se forment n'ont qu'à traverser des tours à condensation pour reproduire de l'acide nitrique.

Utilisation des résidus de la préparation du chlore. — « Ces résidus contiennent de l'acide chlorhydrique libre, quelquefois une faible quantité de chlore libre, du chlorure de manganèse, du chlorure ferrique, du chlore de calcium et de petites quantités de chlorures de cobalt et de nickel; du sulfate de baryte (4) insoluble, des silicates et du sable.

« On décante le liquide du résidu sablonneux, et, pendant qu'il est encore chaud, il laisse dégager rapidement tout ce qui y reste de chlore libre. On le sature ensuite avec de la craie (5). Il se dégage du gaz acide carbonique, qu'on peut employer pour la transformation du carbonate de soude en bicarbonate. En même temps tout le fer est précipité soit à l'état d'oxyde ferrique, soit comme sel basique. L'acide sulfurique qui se serait trouvé comme impureté dans l'acide chlorhydrique employé, et qui eût passé de cette manière dans le liquide, serait précipité en même temps soit comme sulfate de chaux, soit comme sulfate ferrique basique.

« Le liquide décanté est rose et se compose principalement d'un mélange de chlorure de calcium et de manganèse. En ajoutant un peu d'oxysulfure de calcium (résidu de la fabrication de la soude), les petites quantités de cobalt et de nickel qu'il peut renfermer sont précipitées à l'état de sulfures, ainsi qu'une quantité minime d'oxyde et de sulfure manganeux. (Procédé de MM. le docteur Gerland et E. Muspratt.)

« On peut maintenant évaporer le liquide décanté pour obtenir des cristaux de

(1) Laurens, *Rép. chim. appl.*, 1861, 110.

(2) Vogel, *Dingl. Pol. Journ.*, 1859, CXXXVI, 237.

(3) Schloësing, *Comptes rendus*, 1862, LV, 284.

(4) L'auteur dit qu'on emploie très-généralement en France le minerai de manganèse de Romanèche (Haute-Saône), et qu'il contient jusqu'à 10 et 12 p. 100 de carbonate de baryte qu'on retrouve dans les résidus de la préparation à l'état de chlorure ou de sulfate, dans le cas où l'acide chlorhydrique employé contient une forte proportion d'acide sulfurique. — Nous ferons remarquer qu'en raison de leur appauvrissement les gisements de Romanèche ne fournissent plus guère de minerais depuis nombre d'années, et qu'on se sert, en général, des manganèses d'Allemagne, d'Espagne et des Pyrénées. (R.)

(5) Le liquide ainsi obtenu s'emploie occasionnellement pour débarrasser le gaz d'éclairage de l'hydrogène sulfuré qu'il renferme.

chlorure de manganèse, ou bien on peut précipiter le manganèse de la solution à l'état de carbonate. Pour atteindre ce but, M. Balmain (1) emploie les liqueurs ammoniacales provenant de la fabrication du gaz d'éclairage et contenant du carbonate d'ammoniaque et du sulfure d'ammonium; il se produit ainsi du carbonate et du sulfure de manganèse et une solution de sel ammoniac. »

Régénération du peroxyde de manganèse. — La régénération du peroxyde de manganèse, telle qu'elle est pratiquée par M. C. Tennant à Glasgow (2), comprend deux opérations : 1° la conversion du chlorure de manganèse en carbonate ; 2° la transformation du carbonate en peroxyde.

1° *Conversion du chlorure de manganèse en carbonate.* — « Voici comment opère M. Tennant : on recueille dans de grands réservoirs les résidus de la préparation du chlore, et on y ajoute un lait de chaux en quantité suffisante pour saturer l'excès d'acide chlorhydrique et pour précipiter tout le fer. On agite bien le liquide et on le laisse ensuite se clarifier. Le liquide clair est ensuite pompé dans une grande chaudière cylindrique, qu'on peut fermer hermétiquement et qui est pourvue d'un agitateur. Dans cette chaudière, on ajoute au liquide, en quantité suffisante pour précipiter le manganèse, un lait de carbonate de chaux très-finement divisé, mais on évite soigneusement d'en mettre un excès. La chaudière étant bien close, on y introduit la vapeur jusqu'à ce que la pression s'élève à 2 ou 2 1/2 atmosphères, et l'on remue avec soin pendant tout ce temps. Après vingt-quatre heures, la décomposition du chlorure de manganèse est complète; la haute pression et la température élevée provoquent une double décomposition; il se dépose un précipité blanc de carbonate de manganèse, et le chlorure de calcium reste en solution. On laisse le mélange se clarifier complètement et, après la décantation du chlorure de calcium, on lave bien le précipité, on le presse et on le sèche sur des tablettes de fer. »

2° *Transformation du carbonate en peroxyde de manganèse.* — « Le carbonate de manganèse, imparfaitement séché, est placé dans des casiers en tôle peu profonds et montés sur des roues; on les introduit dans de grandes galeries voûtées en briques, pouvant contenir 48 de ces petits waggonnets et munies de rails sur lesquels on les fait rouler. Ces rails sont disposés de manière que le carbonate de manganèse puisse être transporté successivement des étages supérieurs aux étages inférieurs. On chauffe les galeries extérieurement et on élève la température à 315° C. environ. Un courant d'air, pénétrant par la partie inférieure des fours, traverse les galeries. Sous l'influence de la chaleur, qui devient plus intense à mesure que les waggonnets descendent et qui, par cela même, favorise l'action de l'oxygène atmosphérique, le carbonate de manganèse perd de l'acide carbonique et se combine à de l'oxygène. La présence de la vapeur d'eau accélère considérablement la marche de l'opération, et c'est pour cette raison que

(1) Balmain, *London Journ. of arts*, janv. 1856, 36.

(2) C'est le procédé de M. Dunlop (*Rep. of pat. inv.*, mars 1856, 263), qui n'a fait lui-même que rendre pratique la méthode indiquée antérieurement par M. Forchhammer et M. Reissig (*Ann. chem. pharm.*, CIII, 27).

la matière est aspergée d'eau pendant le passage des waggon d'un étage à l'autre. Après avoir séjourné quarante-huit heures dans les fours, la matière contient près de 8/10 de peroxyde de manganèse pur; les 2/10 restants sont formés de composés oxygénés inférieurs de manganèse. Le peroxyde de manganèse ainsi régénéré, tout en n'étant pas entièrement pur, et bien qu'il exige, pour être traité, un peu plus d'acide chlorhydrique, peut cependant rivaliser avec l'oxyde naturel.

« Sur le continent, M. C. Kestner, de Thann, a essayé de suivre cette méthode pendant quelque temps; mais on ne peut l'y pratiquer avec avantage, à cause du prix élevé de la houille. »

Autres procédés d'utilisation des résidus de manganèse. — M. Gatty (1) évapore les résidus jusqu'à consistance sirupeuse et les mélange ensuite avec du nitrate de soude (79 kilog. de chlorure de manganèse et 106 kilog. de nitrate de soude). Il fait sécher le mélange à une température modérée et le chauffe au rouge-sombre dans des cylindres en fer. Les vapeurs nitreuses dégagées sont employées pendant la fabrication de l'acide sulfurique dans les chambres de plomb, et le résidu de peroxyde de manganèse et de chlorure de sodium sert de nouveau à préparer du chlore.

M. Fréd. Kuhlmann fils (2) et M. Péan de Saint-Gilles (3) se sont tous deux occupés de cette question.

On a proposé plusieurs autres applications des résidus de la fabrication du chlore. C'est ainsi que M. Kuhlmann les emploie dans la préparation du blanc fixe. On peut également mentionner que, dans le procédé de MM. E. Kopp et Blythe pour la fabrication de la soude ferrugineuse, l'oxyde ou le carbonate de fer peut être remplacé par l'oxyde ou le carbonate de manganèse, et que le carbonate de manganèse peut servir, en outre, à la préparation du carbonate de soude par la double décomposition avec le sulfure de sodium.

Applications du chlore. Fabrication du chlorure de chaux. — Point de perfectionnement récent et important dans la fabrication de ce composé depuis 1851. Au sujet de ce produit, le rapporteur rappelle les expériences faites dans le but de déterminer les conditions d'hydratation de la chaux les plus favorables à la production d'un composé contenant la plus grande quantité de chlore possible; il cite celles de M. Fresenius (4), de M. Schlieper (5) et celles qu'il a faites lui-même (6).

Il rappelle en même temps que MM. Sacc (7) et Varrentrapp (8) ont démontré que l'hypochlorite de zinc est un agent décolorant très-énergique, avantageusement applicable à la teinture et pouvant servir plus particulièrement à opérer des décharges sur

(1) Gatty, *Wagner's Jahresber.* 1858, 123.

(2) Fréd. Kuhlmann fils, *Comptes rendus*, LV, 247; *l'Institut*, août 1862, 253.

(3) Péan de Saint-Gilles, *Rép. chim. appl.*, 1862, 333.

(4) Fresenius, *Ann. chem. pharm.*, CXVIII, 317.

(5) Schlieper, *Ibid.*, C, 171.

(6) Hofmann, *Qu. J. chem. Soc.*, XIII, 84.

(7) Sacc, *Wagner's Jahresber.*, V, 1859, 948.

(8) Varrentrapp, *Ibid.*, VI, 1860, 189.

le rouge d'Andrinople ; que les propriétés décolorantes de l'hypochlorite d'alumine ont de nouveau attiré l'attention des chimistes et qu'il a publié (1), ainsi que M. Kunheim (2) et M. Orioli (3), des expériences intéressantes sur ce sujet.

Fabrication du chlorate de potasse. — « On prépare généralement ce produit au moyen du chlorure de potassium, par l'intervention du chlorate calcique obtenu par l'action d'un excès de chlore sur un lait de chaux. L'heureuse idée de soumettre un mélange de carbonate de potasse et d'hydrate de chaux à l'action du chlore appartient à M. Graham (4). Le procédé fut examiné ultérieurement par le docteur Calvert (5), et M. James Young (6) paraît être le premier qui ait commencé à l'exploiter industriellement.

« A la solution concentrée du mélange de chlorure et de chlorate calciques ainsi obtenu, on ajoute une quantité proportionnée de chlorure de potassium ; une double décomposition a lieu, et il se forme du chlorure de calcium et du chlorate de potasse qui cristallise presque complètement. »

Les autres applications industrielles du chlore sont en petit nombre. On l'emploie pour opérer la conversion du prussiate jaune de potasse en prussiate rouge. Dans la fabrique de M. Kestner, de Thann, on opère la transformation du chlorure stanneux en chlorure stannique (tétrachlorure d'étain), en soumettant à l'action du chlore le chlorure d'étain dissous dans son poids d'eau.

Préparation des hyposulfites.

Pendant longtemps les hyposulfites sont restés des produits de laboratoire ; mais, depuis la découverte de la daguerréotypie et des procédés photographiques, leur préparation s'est développée et est devenue une fabrication industrielle, qui a surtout grandi depuis l'Exposition de 1851. Ainsi une seule fabrique dans le Lancashire, celle de MM. Roberts, Dale et comp., produit jusqu'à 3 tonnes d'hyposulfite de soude par semaine.

Hyposulfite de soude. — La préparation de ce sel au moyen du sulfate de soude est facile. On opère quelquefois cette conversion par la double décomposition du sulfate de soude avec l'hyposulfite de chaux (E. Kopp) (7), et plus tard MM. Townsend et Walker (8). Quelquefois le sulfate de soude est transformé, par la calcination avec du carbone, en sulfure de sodium qu'on dissout ensuite dans de l'eau et qu'on expose à l'action de l'acide sulfureux qui le convertit en hyposulfite.

(1) Hofmann, *Ann. chem. pharm.*, LXV, 392.

(2) Kunheim, *Dingl. Pol. Journ.*, CLXII, 158.

(3) Orioli, *Rep. of pat. inv.*, 1860, 337.

(4) Graham, *Chem. Soc. Mem.*, I, 7.

(5) Calvert, *Chem. Soc. Qu. J.*, III, 100.

(6) Young, article dans le *Dictionary of chemistry* by R. D. Thompson.

(7) E. Kopp, *Bulletin de la Soc. ind. de Mulhouse*, 1858, n° 143.

(8) Townsend et Walker, *Rep. of pat. inv.*, septembre 1861, p. 232.

Hyposulfite de chaux. — On peut le préparer de la même manière que l'hyposulfite de soude, en prenant du sulfate de chaux (plâtre de Paris) au lieu de sulfate de soude, en le calcinant avec du charbon de bois et continuant l'opération comme ci-dessus.

M. Kopp a proposé d'employer dans le même but le résidu de la fabrication de la soude par le procédé Leblanc.

On peut encore préparer l'hyposulfite de chaux en utilisant la propriété que possède le sulfure de calcium d'absorber l'oxygène de l'air, et de pouvoir être ainsi transformé en sulfure soluble d'abord et ensuite en hyposulfite.

Préparation des hyposulfites au moyen des marcs de soude. — MM. Townsend et Walker, après avoir exposé les marcs de soude à l'action de l'air, épuisent la masse avec de l'eau et obtiennent ainsi une solution étendue d'hyposulfite de chaux qu'on fait évaporer pour obtenir des cristaux. A mesure que la solution devient plus concentrée, on doit avoir soin d'évaporer à des températures plus basses, pour éviter que l'hyposulfite ne se décompose et ne forme un précipité.

Avec l'hyposulfite de chaux et les sulfates solubles d'autres métaux, on obtient facilement, par double décomposition, les hyposulfites correspondants.

Applications des hyposulfites. — Ces applications ont une grande importance au point de vue scientifique et industriel. Celles que décrit M. Hofmann et que nous ne ferons que citer concernent l'emploi 1° des hyposulfites de soude et de chaux comme *antichlore* en photographie pour neutraliser l'excès des sels d'argent, et dans le blanchiment de la pâte à papier et même des tissus; 2° de l'hyposulfite de soude dans la fabrication du *vermillon d'antimoine* [MM. Stihl (1), Mathieu Plessy (2), Boettger (3) et E. Kopp (4)]; 3° des hyposulfites d'alumine, de fer et de chrome comme *mordants* dans l'impression sur calicot et dans la teinture sur laine (5).

Enfin l'emploi récent des hyposulfites en métallurgie pour l'extraction de l'argent mérite d'être signalé (Percy, 1850) (6). M. Patera exploite ce procédé à Joachimstahl, en Autriche (7), et, d'après un rapport récent de M. Von Hauer (8), les résultats sont avantageux.

INDUSTRIES DES COMPOSÉS POTASSIQUES.

Au début de ce chapitre, l'auteur, jetant un coup d'œil sur l'ensemble des différentes industries basées sur l'emploi de la potasse, indique l'influence que le prix élevé de cet article a exercée sur les efforts qui ont été tentés soit pour l'extraire de sources

(1) Strohl, *Journ. de pharm.* (3), XVI, p. 11.

(2) Mathieu Plessy, *Dingl. Pol. Journ.*, CXXXVII, p. 198.

(3) Boettger, *Wagner's Jahresber.*, II, 1856, p. 154.

(4) E. Kopp, *Bulletin de la Soc. ind. de Mulhouse*, n° 148, p. 379.

(5) E. Kopp, *Rep. of pat. inv.*, mai 1856, p. 406.

(6) Percy, *Philos. Magaz.*, XXXVI, p. 1.

(7) Le *Bulletin* a déjà donné une description de ce procédé; voir 2° série, t. VIII, p. 54 et 694.

(8) Hauer, *Oestr. Zeitschrift für Bergund Hüttenwesen*, 1860, n° 6.

plus abondantes et moins chères qu'auparavant, soit pour lui substituer, autant que possible, d'autres alcalis tels que l'ammoniaque ou la soude. Il ajoute que l'Exposition de 1862 a prouvé, d'une manière évidente, combien l'attention générale s'est portée sur l'étude de cette question pendant les dix dernières années qui se sont écoulées. On a signalé des matières premières nouvelles renfermant des quantités considérables de potasse ; on a perfectionné et développé certains procédés d'extraction qu'on n'avait jusqu'ici exploités qu'avec difficulté et sur une petite échelle ; enfin, grâce aux efforts des chimistes, on est à même d'utiliser certaines sources déjà connues, mais négligées jusqu'à ce jour.

Sources organiques des composés potassiques.

Extraction de la potasse du suint. — « On sait qu'avec l'herbe qu'ils broutent sur leurs pâturages les moutons retirent du sol et absorbent une quantité considérable de potasse qui, après avoir circulé dans leur sang, est excrétée par la peau avec la sueur en une combinaison qui se dépose dans la toison. M. Chevreul a montré que ce composé particulier, auquel on donne en France le nom de *suint*, ne constitue pas moins du tiers du poids de la laine mérinos brute ; on peut l'en extraire facilement par une simple immersion de la laine dans l'eau froide. Le suint est bien moins abondant dans les laines grossières que dans les laines fines. Autrefois on considérait ce composé comme une espèce de savon, sans doute parce que la laine contient, outre le suint, une proportion considérable (environ 8,50 pour 100) de matière grasse (Chevreul). Mais cette graisse se trouve, en réalité, combinée avec des bases terreuses, principalement de la chaux, à l'état de savon insoluble. »

MM. Maumené et Rogelet ont imaginé un procédé de préparation du carbonate de potasse avec les eaux de suint provenant du dégraissage des laines. Dans les grands centres de manufactures d'étoffes de laine tels que Reims, Elbeuf et Fourmies, cette industrie nouvelle a été établie ou est en voie de l'être. MM. Maumené et Rogelet achètent les eaux de lavage des laines, suivant un tarif qui varie avec le degré de concentration de ces eaux ; ils les font transporter en tonneaux dans leur fabrique et, les faisant évaporer à siccité, ils obtiennent un résidu sec, charbonneux, qui est soumis ensuite à la calcination dans des cornues fermées. Pendant l'opération, il se dégage beaucoup de gaz hydrocarburés et ammoniacaux qu'on fait passer à travers les épurateurs ordinaires, afin de retenir l'ammoniaque et de rendre l'hydrogène carboné propre à l'éclairage. Le résidu charbonneux retient les sels alcalins qui en sont extraits au moyen de l'eau.

« La solution alcaline ainsi obtenue contient un mélange de sels potassiques, carbonate, sulfate et chlorure, qu'on sépare et purifie par l'évaporation et la cristallisation en suivant les méthodes ordinaires. Le carbonate de potasse ainsi préparé présente, dit-on, cette particularité remarquable de ne renfermer aucun mélange de selsodique, pureté bien précieuse pour les fabricants de verre et de savon potassiques. Le résidu insoluble de la lixiviation contient quelques matières terreuses (chaux, silice, alumine, avec un peu de fer et d'acide phosphorique), outre la matière charbonneuse,

qui paraît être dans un état de division assez grand pour constituer une bonne couleur noire. »

D'après MM. Maumené et Rogelet, une toison ordinaire pesant 4 kilog. contient environ 600 grammes de sudorate de potasse qui, d'après leur analyse, devrait fournir 33 pour 100 de son poids, c'est-à-dire 198 grammes de carbonate de potasse pur. D'après une autre évaluation, ils réduisent cette proportion à 173 grammes qu'on pourrait recouvrer dans la pratique.

Les fabricants de laine de Reims lavent annuellement 10 millions de kilog. de toisons; ceux d'Elbeuf, 15 millions, et ceux de Fourmies 2 millions; en tout 27 millions de kilog. qui sont le produit de 6,750,000 moutons. Cette quantité, soumise tout entière au traitement de MM. Maumené et Rogelet, devrait fournir, d'après les proportions indiquées, 1,167,750 kilog. de potasse pure. La valeur de la potasse, à l'état de carbonate, calculée d'après le prix moyen de la potasse américaine, s'élèverait de 80 à 90,000 livres sterl. (2 millions à 2 1/4 millions de francs). En prenant le minimum du prix que payent MM. Maumené et Rogelet (5 fr. 48 le suint d'une tonne de laine délayé dans 27,40 hectolitres d'eau), les eaux de suint qui fourniraient cette quantité de potasse représenteraient une valeur d'environ 5,918 livres sterl. (147,950 fr.); mais, en prenant le prix maximum (18 fr. 47, le suint d'une tonne de laine concentré dans 3,13 hectolitres d'eau), ces eaux vaudraient à peu près 19,947 livres sterling (498,675 fr.).

« MM. Maumené et Rogelet calculent qu'il existe en France 47 millions de moutons, environ sept fois plus que n'en indiquent les chiffres cités plus haut. Ils démontrent que, si l'on soumettait la totalité de ces toisons au nouveau traitement, la France retirerait de son propre sol toute la potasse nécessaire à sa consommation; ils font observer qu'on en obtiendrait assez pour fournir 12 millions de kilog. de carbonate de potasse du commerce, susceptibles d'être convertis en 17 1/2 millions de kilog. de salpêtre, avec lesquels on pourrait fabriquer 1,870,000,000 de cartouches. »

La difficulté de recueillir les eaux de lavage des toisons, dessuintées en petit nombre par les fermiers sur toute la surface du pays, opposerait certainement une barrière insurmontable à une aussi grande extension de ce procédé. En ajoutant que ce n'est que dans les grands centres manufacturiers que l'exploitation de la méthode de MM. Maumené et Rogelet pourrait offrir les conditions économiques de réussite, M. Hofmann fait remarquer que ce ne serait qu'à la condition que les fermiers continueraient à se dessaisir, comme matière sans valeur avec les toisons qu'ils vendent, de toute la potasse qu'ils retirent de leur sol. Mais il est d'avis que tout fermier judicieux devrait faire dessuinter ses toisons chez lui et rendre à la terre, au moyen des eaux de lavage, tous les principes fertilisants qu'elle a perdus.

Extraction de la potasse des résidus des mélasses de betteraves.—« On sait bien que les alcalis fournis par les plantes se retrouvent en majeure partie dans leurs sucs et existent, par conséquent, en plus grande abondance dans les plantes herbacées que dans les arbres. La betterave contient une forte proportion de potasse et de soude; ce dernier alcali prédominant dans les betteraves récoltées près des bords de la mer

et le premier dans celles qu'on récolte dans l'intérieur du pays. Les sels alcalins qui sont associés au sucre de betterave en rendent une partie non cristallisable ; or c'est cette masse incristallisable et saline qui constitue les mélasses. Mais le goût nauséabond de la mélasse de betterave la rendant complètement impropre à l'alimentation, elle passe entre les mains des distillateurs, qui l'utilisent en la faisant fermenter et en convertissant les principes sucrés en alcool ; ils séparent et rectifient ce dernier d'après les méthodes ordinaires. Les liqueurs constituant le résidu de la distillation étaient autrefois écoulées comme déchet dans les cours d'eau, qu'elles corrompaient fortement. Aujourd'hui cependant, dans toutes les distilleries d'alcools de betteraves bien organisées, on évapore à siccité ces liqueurs et on incinère le résidu. La masse saline carbonisée qu'on obtient ainsi (*calcin ou salin de betterave*) est généralement vendue à des raffineurs qui se chargent d'extraire le mélange de sels qu'elle renferme, et particulièrement de dissoudre et de purifier les sels précieux de potasse et de soude. C'est ainsi qu'on recouvre annuellement de grandes quantités de potasse dans les districts du nord de la France, où l'on trouve le plus de raffineries de sucre, comme, par exemple, dans les environs de Lille et de Valenciennes. »

Pour obtenir les sels mélangés contenus dans le produit carbonisé ou salin, on utilise la différence de solubilité de ces sels dans l'eau ; l'opération se répète successivement plusieurs fois et donne lieu à une certaine quantité d'eaux mères qui présentent, au point de vue de la science, un intérêt spécial en ce qu'elles constituent une matière première pour la préparation des sels du nouveau métal connu sous le nom de *rubidium*. M. Kuhlmann s'occupe avec un grand succès de ces opérations ; aussi M. Hofmann consacre-t-il, à la fin de ce chapitre, un article spécial dans lequel il rend compte des méthodes pratiquées par cet habile chimiste.

En résumé, le rapporteur croit devoir appliquer aux composés potassiques dérivés des résidus de betteraves l'observation qu'il a faite relativement à la potasse tirée du suint de laine ; son avis est que l'exportation de ces composés loin du terrain des fermes est une transgression des lois de l'agriculture et tend à amener une stérilité progressive du sol.

Sels de potasse dérivés des algues marines comme produits accessoires de la fabrication de l'iode et du brome (1). — « L'incinération des algues fournit un produit brut salin qu'on obtient en masses fondues, à demi vitrifiées, nommées *kelp* par les fabricants anglais, et *varech* ou *vraic* par les fabricants français. Les fabricants de cendres de varech distinguent deux espèces d'algues qu'ils désignent sous les noms de *varech venant* et *varech scié* (*drift weed* et *cut weed*). Elles fournissent des variétés de *kelp* qui présentent de grandes différences sous le rapport de la composition et de la valeur industrielle.

(1) L'auteur, avant de traiter ce paragraphe, indique bien encore le guano comme source de potasse, mais il ajoute que le guano, employé exclusivement comme engrais, n'est soumis à aucune opération chimique de ce genre. A l'égard de cette précieuse matière, il se livre, dans une note très-développée, à une discussion approfondie de sa composition, qu'il ne considère pas comme exclusivement excrémentielle, contrairement à l'opinion presque généralement admise.

Les meilleures cendres de varech connues sont celles que fournit la côte occidentale de l'île de Rathlin, située dans le canal du Nord. Aussi se vendent-elles, à Glasgow, de 7 liv. 10 shil. à 10 liv. 10 shil. (187^f,50 à 262^f,50) par tonne écossaise (1) (22,50 quintaux). Au contraire, celles de Galway ne valent pas plus de 2 à 3 livres (50 à 75 fr.), en raison du sable qu'elles contiennent et qui est très-préjudiciable. Ce sable, qui provient du peu de soin avec lequel l'incinération est faite, est cependant quelquefois le résultat d'une fraude pratiquée par les fabricants; à cet égard, M. Hofmann déplore les falsifications nombreuses qui se pratiquent dans diverses industries, et il se demande s'il ne serait pas possible de préparer un ensemble de mesures propres à prévenir de pareils abus.

« Abstraction faite des falsifications, l'incinération des algues, même pratiquée de la manière la plus perfectionnée, ne constitue qu'un procédé grossier et primitif. On amasse les algues en monceaux sur les côtes, et on les y laisse sécher sans les protéger contre l'action délétère de la pluie; c'est pour cela qu'on ne les recueille que pendant la saison d'été. Dans l'état actuel des choses on trouve qu'il faut à peu près 22 tonnes de varechs (humides) pour produire 1 tonne de cendres de varech de bonne qualité moyenne, pouvant fournir (outre l'iode, le brome et les résidus salins sodiques mélangés) 5 à 6 quintaux de chlorure de potassium et environ 3 quintaux de sulfate de potasse du commerce. Le chlorure de potassium du commerce contient à peu près 80 pour 100 de chlorure potassique réel; le reste consiste principalement en chlorure et sulfate sodiques et en eau (8 à 9 pour 100). Le sulfate de potasse du commerce contient à peu près la moitié de son poids de ce sel pur, le reste étant composé principalement d'humidité (environ 20 pour 100) et d'un mélange de chlorure et de sulfate sodiques. Ces deux produits (comme aussi les produits sodiques des cendres de varech) renferment, en outre, une proportion variable de carbonates sodique et potassique; quelquefois seulement 1 à 2 pour 100, d'autres fois 5 à 6 et même le double. Les fabricants de cendres de varech, de Glasgow, n'estiment pas séparément ces carbonates alcalins, quoique intrinsèquement ils aient plus de valeur que les sulfates et les chlorures correspondants; les produits mélangés se vendent en masses, soit comme sulfates, soit comme chlorures, sans avoir égard à la proportion de carbonate qui s'y trouve.

« Le fabricant d'iode et de brome lessive les cendres de varech avec de l'eau et concentre par l'ébullition la solution saline ainsi obtenue; il produit, de cette manière, à l'état de précipité cristallin finement divisé, le sulfate potassique du commerce ainsi que les différents mélanges dont il a été question plus haut. Il décante et laisse ensuite

(1) La tonne écossaise vaut 1 quintal de plus que la tonne de varech irlandaise; à ce sujet, le rapporteur fait remarquer la confusion et le désaccord qui règnent dans les différents systèmes de poids et mesures actuellement en usage parmi les nations civilisées. En citant l'adoption faite déjà par plusieurs pays du système métrique, il exprime l'espoir que l'Angleterre en reconnaîtra avant peu la valeur, faisant ainsi oublier le refus maladroît qu'elle opposa, en 1790, au gouvernement français de s'associer aux commissaires qui furent chargés de poser les bases d'un système uniforme de poids et mesures, en déterminant la longueur du pendule simple battant la seconde sexagésimale au niveau de la mer sous les 45° de latitude.

refroidir les eaux mères ; cette cristallisation, par abaissement de température, continuée pendant plusieurs jours, produit en abondance du chlorure potassique (impur). La liqueur décantée est de nouveau concentrée par l'ébullition, et il se précipite ainsi (par suite d'une cristallisation rapide et à chaud) un dépôt d'un mélange de chlorure et de sulfate sodiques. Ce précipité étant recueilli à son tour, on fait refroidir une seconde fois les eaux mères décantées, qui fournissent de nouveau du chlorure potassique en abondance. On répète plusieurs fois ces opérations jusqu'à ce que les sulfates et les chlorures alcalins soient presque entièrement séparés. Il reste une eau mère concentrée, comparativement riche en iodures et en bromures alcalins très-solubles. Par des recristallisations successives faites à la manière ordinaire, on peut obtenir les produits potassiques à un degré de pureté plus ou moins grand. La méthode suivie à Glasgow consiste à placer le sulfate de potasse dans un panier, à l'y laver avec de l'eau froide et à laisser bien égoutter, afin d'en éliminer tous les sels plus solubles qui s'y trouvent mélangés. Lorsqu'il est ainsi partiellement purifié, on l'emploie dans la fabrication de l'alun et du prussiate potassiques. On purifie également le chlorure de potassium au moyen de lavages et quelquefois par recristallisation. Depuis quelques années, ce sel, autrefois moins utile que le sulfate, est très-recherché pour servir à la fabrication du salpêtre par sa double décomposition avec le nitrate de soude ; son prix a haussé en conséquence. »

M. Hofmann a trouvé intéressant d'étudier les prix commerciaux de ces produits potassiques neutres, eu égard d'un côté à la proportion relative de potasse réelle qu'ils renferment et de l'autre à la valeur de la même proportion d'alcali engagée dans des combinaisons moins énergiques. Il résulte, des comparaisons qu'il a faites, qu'actuellement la valeur de la potasse libre est plus élevée de 125 pour 100 environ que celle de la potasse neutralisée par l'acide sulfurique et plus grande d'environ 42 pour 100 que la valeur de la même quantité de potasse neutralisée par l'acide chlorhydrique. En prenant la moyenne, on trouve que la valeur de la potasse libre, caustique ou carbonatée, est à peu près 83 1/2 pour 100 plus grande que celle du même alcali neutralisé par des acides énergiques.

Le prix de revient du traitement des cendres de varech, en vue d'en retirer l'iode et les produits accessoires salins qu'elles renferment, ne dépasse pas, à Glasgow, 25 à 28 shil. (31^f, 25 à 35 fr.) la tonne, sur lesquels 13 shil. ou près de la moitié servent à payer l'acide sulfurique employé.

Traitement des varechs par distillation sèche. — Procédé proposé par M. E. C. Stanford. « La proposition de M. Stanford est basée sur ce fait général, indépendamment d'autres considérations, qu'au moins la moitié de l'iode contenu dans les varechs se volatilise et se perd pendant l'incinération des plantes d'après la méthode habituelle ; tandis qu'on pourrait recueillir le tout en distillant les varechs dans des cornues ordinaires, pareilles à celles qu'on emploie pour la fabrication du gaz d'éclairage. Les varechs ainsi traités fourniraient, par conséquent, outre l'iode et le brome, les produits usuels de la distillation sèche des matières organiques, tels que les hydrocarbures, le naphte, l'ammoniaque, l'acide acétique et le gaz d'éclairage. On obtiendrait

évidemment les composés potassiques et autres produits salins en lessivant le charbon qui resterait dans la cornue. »

Les obstacles sérieux qui s'opposent à la réalisation du projet de M. Stanford proviennent de la nécessité de recueillir une substance aussi volumineuse et (lorsqu'elle est mouillée) aussi pesante que les varechs, et d'en transporter d'énormes quantités à plusieurs milles de distance des côtes de la mer à une fabrique centrale où on les traiterait; néanmoins le principe sur lequel repose ce procédé est complètement rationnel.

D'autres méthodes de traitement des varechs ont été proposées, parmi lesquelles celle de M. le docteur Kemp, qui voulait employer la presse hydraulique pour extraire les sucs des algues. Le rapporteur dit que ces méthodes lui semblent excellentes, mais que les obstacles principaux à leur mise en exécution sont d'un côté la nature volumineuse et la grande diffusion de la matière première, et de l'autre la pauvreté et l'ignorance des paysans qui s'occupent de la récolter et de l'incinérer. Il ajoute que, dans cette question si importante de la production suffisamment abondante de la potasse pour les besoins de l'industrie, ce n'est que dans le règne minéral qu'il faut chercher la source capitale des alcalis fixes. (M.)

(*La suite prochainement.*)

ARTS CHIMIQUES.

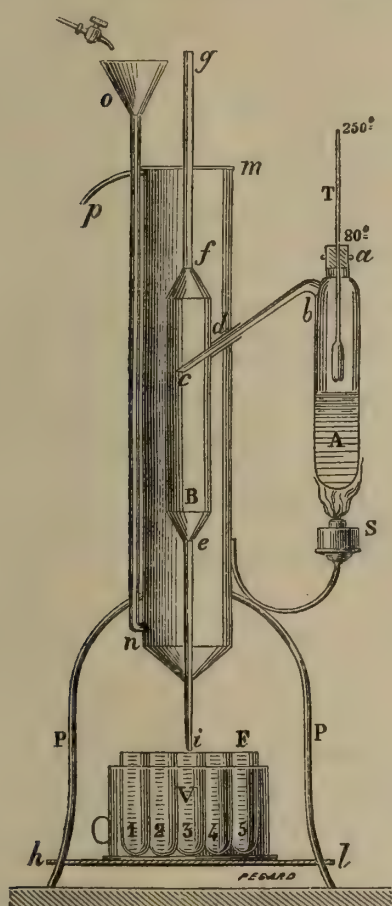
NOTE SUR UN APPAREIL A DISTILLATION FRACTIONNÉE POUR APPRÉCIER LA VALEUR VÉNALE DES HUILES ESSENTIELLES QUI PROVIENNENT DE LA CALCINATION DES HOUILLES OU DES SCHISTES; PAR M. V. REGNAULT.

On introduit aujourd'hui, en France, des quantités considérables d'huiles essentielles qui proviennent de la distillation des goudrons de houille ou de schiste. Ce sont des mélanges complexes, dont la valeur varie beaucoup suivant la nature et les proportions des essences les plus volatiles qu'ils contiennent. Les parties les plus volatiles sont employées, exclusivement, pour la fabrication des belles matières colorantes dérivées de la benzine; celles de volatilité moyenne sont utilisées pour les vernis et le dégraissage; enfin les moins volatiles servent à la fabrication de l'acide phénique, ou pour l'éclairage. Les industriels n'ont, jusqu'ici, d'autre moyen rapide, pour apprécier la valeur de ces mélanges, qu'en les distillant avec un thermomètre et en notant les proportions qui passent entre diverses limites successivement croissantes de température. L'administration des douanes emploie le même procédé pour fixer les droits qui doivent être perçus à l'entrée de ces matières.

Mais pour qu'une appréciation de ce genre ne donne pas lieu à des contestations fréquentes, il est indispensable que la distillation soit faite d'une manière parfaitement uniforme, et à l'aide d'appareils sensiblement identiques. On sait, en effet, qu'un

même mélange de substances volatiles montrera des températures de distillation très-différentes, suivant que le réservoir du thermomètre sera plongé dans le liquide bouillant, ou maintenu seulement dans la vapeur qui s'en échappe. Lorsque le réservoir plonge dans le liquide, la température ne sera pas la même, suivant qu'on activera ou qu'on ralentira la distillation.

L'administration des douanes m'a demandé de faire construire un appareil d'un maniement facile, et par lequel la plupart des incertitudes seraient évitées. Je donne ici la description de l'appareil auquel je me suis arrêté, persuadé qu'il peut également rendre des services dans les laboratoires de chimie, où l'on a souvent besoin de séparer des substances par des distillations fractionnées.



La figure ci-contre représente une coupe verticale de l'appareil. Il se compose d'une petite chaudière cylindrique en cuivre A, munie d'une petite tubulure *a*, et d'un col recourbé *bc*. Le col *bc* s'engage à frottement dans la tubulure latérale *d* du réfrigérant B. Le réfrigérant se compose d'un gros cylindre en laiton *ef*, terminé, en haut et en bas, par des tubes métalliques plus étroits *fg* et *ei*. L'ensemble est maintenu, hermétiquement, dans un manchon métallique *mn*. Un courant d'eau, que l'on règle à l'aide d'un robinet, arrive dans l'entonnoir *o* qui surmonte le tube latéral *on*; l'excès d'eau se déverse par une tubulure *p* ajustée vers le haut du manchon.

L'appareil pose sur un trépied P P P fixé au manchon. Le trépied porte une coulisse horizontale *hl*, dans laquelle glisse un support V garni de cinq tubes de verre bouchés par le bas, juxtaposés et divisés en centimètres cubes. On peut ainsi mener, successivement, l'ouverture de chacun des tubes divisés sous l'orifice *i* du réfrigérant.

Voici maintenant la manière d'opérer :

On prend avec une même pipette, semblable à celles que l'on emploie pour les essais alcalimétriques, pour les essais des matières d'argent, etc., etc., 100 centimètres cubes de l'huile à essayer; on fait couler l'huile, par la tubulure *a*, dans la cornue A; le niveau du liquide ne doit pas s'élever notablement au-dessus du tiers de la cornue. A l'aide d'un bouchon, on ajuste le thermomètre T dans la tubulure *a*. La longueur de ce thermomètre, sa graduation et son ajustement dans le bouchon doivent être tels que le réservoir ne plonge pas dans le liquide, et que la division 80 degrés sorte à peine du bouchon. La portion de la colonne mercurielle, non plongée dans la vapeur, se trouve ainsi la même, à températures égales, dans toutes les expériences.

La distillation du liquide est produite par un bec de gaz ou, à son défaut, par une lampe à alcool S, que l'on peut régler à volonté.

Supposons, pour fixer les idées, que l'on veuille classer le mélange :

1° En essences qui distillent avant 100 degrés,

2° En essences passant de 100 à 120 degrés,

3° En essences passant de 120 à 140 degrés,

4° En essences passant de 140 à 160 degrés,

5° En essences passant de 160 à 180 degrés.

Le support V est placé de façon que le tube n° 1 soit sous la tubulure *i*. On met le liquide en ébullition, et, tant que la température ne dépasse pas 100 degrés, on recueille le produit distillé dans le tube n° 1. Aussitôt que la température monte au-dessus de 100 degrés, on tire le support V pour amener le tube n° 2 sous la tubulure *i*, et on l'y laisse jusqu'à ce que la température commence à dépasser 120 degrés. On amène alors le tube n° 3 sous la tubulure *i*, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le thermomètre T dépasse 180 degrés, le tube n° 5 se trouvant alors sous la tubulure *i*. On éteint la lampe, l'opération est terminée.

Dans cette manière d'opérer, la condensation des vapeurs est complète, il ne s'en échappe pas sensiblement par la tubulure *g*; le liquide condensé s'écoule par le tube *ei*, et se met en équilibre de température avec l'eau froide qui arrive par le tube latéral *on*. Ainsi les liquides recueillis successivement dans les tubes divisés 1, 2, 3, 4, 5 sont à la même température, qui est à peu près celle de l'air ambiant. On inscrit les volumes en centimètres cubes qu'ils occupent, et l'on *admet* que ces centimètres cubes représentent les centièmes en poids des diverses essences qui se trouvent dans le mélange primitif. On fait ici une petite erreur, puisque l'on ne tient pas compte des différences de densité de ces liquides; mais l'erreur est négligeable dans des appréciations de ce genre, parce que les densités ne varient qu'entre de faibles limites : on pourrait, d'ailleurs, en faire la correction, si on la jugeait utile.

Le même appareil peut servir dans les laboratoires de chimie. Pour opérer sur de plus grandes quantités de liquide que l'on veut soumettre à des distillations fractionnées, on remplace la petite cornue A par une autre de plus grande capacité, de 1 à 2 litres, etc., etc. Enfin la même disposition permet de déterminer les températures d'ébullition plus exactement qu'on ne le fait ordinairement, et de reconnaître si un liquide que l'on suppose pur présente, bien réellement, une température constante pendant toute la durée de sa distillation.

HYGIÈNE PUBLIQUE.

NOTE SUR L'ASSAINISSEMENT DE L'AIR PAR LA VAPORISATION DE L'EAU;

PAR M. A. MORIN.

« Dans le cours de mes recherches sur la ventilation, j'ai été frappé de l'insistance avec laquelle les ingénieurs et les auteurs anglais qui se sont occupés de cette question ont tous signalé les avantages que présentaient, au point de vue de la salubrité, les

dispositions qui avaient pour effet de donner à l'air, chauffé ou non, que l'on introduit dans les lieux habités, un degré notable d'hygrométrie.

« Ainsi, au palais du Parlement d'Angleterre, où l'air qui afflue dans la Chambre des communes est préalablement chauffé pendant l'hiver à l'aide d'une circulation de vapeur, les tuyaux de retour de la vapeur condensée sont baignés dans des auges remplies d'eau, qui, en s'échauffant à leur contact, produit une certaine quantité de vapeur que dissout et entraîne l'air échauffé qui pénètre dans cette salle.

« Dans la saison d'été, une autre disposition produit un effet analogue. L'air extérieur, appelé des cours du palais, pénètre dans une vaste chambre située immédiatement au-dessous de la salle des séances, par plusieurs baies très-larges, au devant desquelles tombe une sorte de rideau en canevas destiné à arrêter les parcelles fuligineuses que transporte partout l'atmosphère de Londres. En avant de ce rideau, au moyen d'un tuyau percé d'un très-petit nombre de trous capillaires, l'ouverture d'un robinet détermine la chute d'une véritable poussière d'eau à peine visible, qui se mêle au courant d'air affluent, et qui est dissoute assez complètement pour que le sol soit à peine mouillé.

« En réfléchissant à ces deux dispositions, qui toutes deux ont pour but et pour effet d'augmenter le degré d'hygrométrie de l'air, il m'a semblé qu'elles pouvaient avoir aussi sur la salubrité de l'air une influence plus importante que celle qu'on attribue ordinairement à la présence d'une proportion plus ou moins grande de vapeur d'eau dissoute dans l'air.

« Je me suis demandé si, surtout dans le dernier cas, la vaporisation de la poussière d'eau traversée par l'air affluent n'était pas accompagnée, comme celle de la rosée, comme la pluie des orages et conformément aux expériences de Saussure et de M. Pouillet, du développement d'une certaine quantité d'électricité qui modifiait d'une manière salubre l'état de cet air, en y produisant de l'oxygène actif.

« Si cette modification ou quelque autre analogue était constatée, on conçoit, en effet, que des dispositions d'une application facile permettant de la produire régulièrement, il y aurait là un moyen simple, économique et d'une grande efficacité, d'assainir l'air des lieux habités, surtout pendant la saison d'été, et même pendant l'hiver, dans tous les lieux où l'on jugerait utile d'établir une ventilation régulière.

« On sait, en effet, que l'air renfermant de l'oxygène actif jouit à un très-haut degré de la propriété de détruire, en les brûlant, certains miasmes, certaines émanations des corps en putréfaction ; mais il n'est pas le seul gaz qui possède cette propriété.

« Il m'a donc paru utile de chercher à constater, par des expériences directes, si la dispersion et la dissolution dans l'air d'une certaine quantité d'eau à l'état de poussière, comme on l'emploie d'ailleurs dans quelques établissements thermiques, modifiaient sensiblement l'état électrique de l'air.

« A cet effet, j'ai fait faire par M. Saint-Edme, préparateur du cours de physique

au Conservatoire des arts et métiers, des expériences spéciales qui ont été organisées ainsi qu'il suit :

« Des bandes de papier amido-ioduré ont été placées dans des tubes de verre de 0^m,030 de diamètre, recouverts à l'extérieur de papier noir, pour éviter l'influence de la lumière sur ces papiers, auxquels on a joint des bandes de papier de tournesol.

« Plusieurs de ces tubes ont été placés, sous une certaine inclinaison, au milieu de la poussière d'eau produite par le jet d'une lance terminée par une pomme d'arrosoir, en plein air, dans le jardin ; d'autres jets semblables ont été essayés ensuite dans la galerie d'expérimentation établie dans l'ancienne église, et par conséquent à l'abri de l'action solaire.

« Craignant que, dans les expériences précédentes, l'action directe de quelques parcelles aqueuses qui auraient pu mouiller le papier n'ait exercé de l'influence, je les ai répétées en faisant arriver la poussière d'eau, très-divisée par son passage à travers une toile métallique, dans la partie inférieure d'un tuyau de tôle de 0^m,32 de diamètre et de 3^m,70 de longueur, disposé verticalement. Les papiers iodurés ont été placés au sommet de ce tuyau, à un mètre environ au-dessus des atteintes extrêmes du jet de l'eau, de façon qu'ils ne pouvaient être touchés par aucune gouttelette, et que la seule humidité qu'ils pouvaient recevoir ne provenait que de l'état hygrométrique du courant d'air qui parcourait ce tuyau.

« Les résultats de ces nouvelles expériences, faites le 4 septembre dernier avec des papiers de tournesol rougis et enduits en partie d'une dissolution simple d'iodure de potassium neutre, ont complètement confirmé ceux des précédentes, et ce papier ioduré, qui était à l'abri de l'action de la lumière, a de même présenté des taches légèrement violacées.

« Enfin des expériences plus récentes du 31 octobre dernier indiquent encore des résultats analogues mais plus marqués, parce que le papier est resté exposé une heure et demie à l'action de l'air. Je les mets sous les yeux de l'Académie.

« Ainsi, dans tous les cas, le courant d'air humide qui traversait les tubes employés dans les premières observations, ainsi que celui qui dans les dernières circulait dans le tuyau de 0^m,32 de diamètre, a déterminé sur les papiers amido-iodurés ou sur les papiers enduits d'iodure de potassium la formation de taches légèrement violacées ou bleuâtres, accusant une action analogue à celle de l'oxygène actif, et sur le papier de tournesol bleu des taches rougeâtres indiquant la présence d'un acide qui était très-probablement un produit nitré.

« Si la première de ces indications montre qu'il s'est formé de l'oxygène actif, la seconde semble donner à penser qu'après cette modification de l'oxygène, ou concurremment à cette production, il y a eu formation d'un acide.

« Je me garderai bien d'émettre ou même de laisser entrevoir sur cette alternative aucune opinion personnelle : je laisse à de plus autorisés que moi le soin de la débattre et de la résoudre.

« Mais l'oxygène actif et l'acide, qui est très-probablement un composé nitré,

ayant tous deux la propriété de détruire certaines émanations des corps en putréfaction ou ces corpuscules que Bergmann appelait les *immondices de l'air* (1), il me suffit que leur présence soit constatée dans l'air qui traverse l'espèce de brouillard formé par l'eau versée à l'état de poussière, pour qu'il me soit permis d'en conclure que la vaporisation de cette eau, outre l'accroissement d'hygrométrie et l'abaissement de température qu'elle peut aussi occasionner, doit avoir sur l'économie animale et pour l'assainissement des lieux habités une influence qui mérite l'attention de ceux qui s'occupent des questions de salubrité.

« Il a d'ailleurs été constaté dans ces questions que l'air qui s'était ainsi chargé de vapeur d'eau avait, comme on pouvait le prévoir, une température inférieure à celle de l'air extérieur. Ainsi, dans l'expérience du 4 septembre, où aucune goutte d'eau n'atteignait le thermomètre placé au sommet du tuyau, la différence a été de 1 1/2 degré. Dans une expérience antérieure, un thermomètre, établi aussi en dehors de l'action directe de l'eau, avait indiqué une différence de 2 degrés environ.

« L'air était donc rafraîchi, en même temps qu'il éprouvait une modification analogue à celle que produit un courant électrique. On pourrait se demander si la quantité d'eau qu'il faudrait ainsi dépenser ne dépasserait pas ce qu'il serait possible d'allouer pour une amélioration de ce genre. Il est facile de faire voir que cette crainte ne serait pas fondée.

« Je me borne aux indications précédentes, persuadé que si les résultats que j'ai obtenus sont, comme je le pense, confirmés par d'autres expérimentateurs, ils appelleront l'attention des médecins et des Commissions d'hygiène sur le parti que l'on peut en tirer pour l'assainissement des hôpitaux ou pour d'autres effets physiologiques. » (*Comptes rendus de l'Académie des sciences.*)

(1) Les vents et les ouragans, en agitant violemment l'atmosphère, les courants ascendants dus aux inégalités de température, les volcans en émettant d'une manière incessante des gaz, des vapeurs et des cendres tellement divisées que souvent elles vont s'abattre à de prodigieuses distances, portent et maintiennent dans les hautes régions des corpuscules enlevés à la surface du sol ou arrachés à la partie interne et peut-être encore incandescente du globe. Dans les phénomènes liés à l'organisme des plantes et des animaux, ces substances si ténues, d'origines si diverses, dont l'air est le véhicule, exercent vraisemblablement une action bien plus prononcée qu'on n'est communément porté à le supposer. Leur permanence est d'ailleurs mise hors de doute par le seul témoignage des sens, lorsqu'un rayon de soleil pénètre dans un lieu peu éclairé; l'imagination se figure aisément, mais non sans un certain dégoût, tout ce que renferment ces poussières que nous respirons sans cesse et que Bergmann a parfaitement caractérisées en les nommant les *immondices de l'atmosphère*. Elles établissent, en quelque sorte, le contact entre les individus les plus éloignés les uns des autres, et bien que leur proportion, leur nature, et par conséquent leurs effets, soient des plus variés, ce n'est pas trop s'avancer que de leur attribuer une partie de l'insalubrité qui se manifeste habituellement dans les grandes agglomérations d'hommes. (*Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, par M. Boussingault, 2^e édit., t. II, p. 236.)

ÉCOLES INDUSTRIELLES.

ÉCOLE THÉORIQUE ET PRATIQUE DE TISSAGE MÉCANIQUE, A MULHOUSE (HAUT-RHIN),
FONDÉE SOUS LE PATRONAGE DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE.

But de l'École.

Le but de l'École est de combler une lacune qui existe dans les ressources d'instruction professionnelle qu'offrent les départements de l'Est, en donnant aux jeunes gens l'occasion d'étudier la théorie générale du tissage et ses applications variées à tous les genres de fabrication.

L'approche d'une lutte plus vive avec l'industrie étrangère a particulièrement fait comprendre l'opportunité de cette création, et lui a valu le patronage de la Société industrielle de Mulhouse.

Les élèves sortant de l'École, munis du certificat de capacité, lorsqu'ils auront d'ailleurs reçu une bonne instruction générale, seront à même de rendre des services effectifs dans les établissements qui se les attacheront.

Organisation.

Grâce à la subvention qui lui a été généreusement accordée par les principaux manufacturiers et négociants du rayon de l'Est, l'École a pu de prime abord s'organiser dans les meilleures conditions.

Elle est établie sur le pied manufacturier, et constitue un petit établissement complet, avec force motrice à la vapeur, atelier de menuiserie et de réparations.

Son matériel se compose de métiers à tisser mécaniquement de 1 à 6 navettes, construction française et anglaise, de dix systèmes divers les plus récents et les plus perfectionnés; de métiers à bras, de Jacquards, de ratières, de la série complète des machines préparatoires, telles que machines à dévider, à bobiner, à ourdir, à parer, pour la cuisson du parement, à cannetter, à monter les chaînes, à faire les lisses, les harnais, à titrer les matières textiles, etc.; enfin de toutes les machines qui peuvent faciliter l'initiation de l'élève à l'application des connaissances théoriques dont il aura suivi la démonstration.

Plan d'études.

L'École possède deux divisions : l'une de théorie, l'autre d'application; elles marchent de pair, c'est-à-dire avec le passage régulier et alternatif de la théorie à l'application.

La première division s'attache principalement à la décomposition et à l'analyse de tous les genres de tissus unis, grains, armures, façonnés, velours, gazes, en étudiant tout spécialement les tissus les plus appropriés aux besoins de notre rayon industriel.

Son cours se termine par la levée et le dessin des machines de l'École, l'étude des meilleures dispositions à donner aux tissages nouveaux, par l'établissement des plans et devis, le calcul des prix de revient et de fabrication, la comptabilité et les rencontres industrielles.

La division d'application comprend le travail manuel ; le montage, le réglage, l'ajustage, les réparations et le bon entretien de toutes les machines ; le montage d'articles fondamentaux décomposés en théorie, le mettage en main, la mise en marche et enfin le tissage proprement dit avec toutes ses opérations préparatoires et successives par l'élève même, assisté d'un contre-maître expérimenté.

Il y a de plus, tous les jours, un cours spécial de deux heures pour les personnes occupées dans la journée, et qui désirent apprendre le tissage.

Chaque élève est suivi séparément, et ne passe à un article nouveau qu'après la connaissance parfaite de celui qui précède.

Conditions d'admission.

Le prix d'admission pour les cours théoriques et pratiques est fixé à 600 francs par an et par élève.

Il est facultatif aux élèves de ne suivre que l'un des cours.

L'admission aux cours de théorie est fixée à 300 francs par an ;

L'admission aux cours d'application, à 400 francs par an.

L'année scolaire est de onze mois.

L'admission au cours spécial de deux heures est fixée à 25 francs par mois et se paye à l'avance.

Le papier, les fournitures de toute espèce, les échantillons sont à la charge des élèves.

La rétribution annuelle est payable : moitié à l'entrée, le solde trois mois après.

Tous ces versements restent acquis à l'École, quels que soient l'époque et les motifs de la sortie de l'élève.

Dispositions générales.

Les étrangers sont admissibles à l'École au même titre que les nationaux. Le cours étant individuel, un élève peut se faire admettre à toute époque de l'année, et doit produire à son entrée les bulletins ou les notes de conduite et d'aptitude, émanant d'autres institutions, qui peuvent être en sa possession.

Le certificat de capacité ne sera délivré aux élèves à leur sortie de l'École que lorsqu'il aura été mérité par un travail très-assidu et une conduite irréprochable.

Après l'achèvement des études, l'élève sera tenu de passer un examen, dont les résultats devront être remis par écrit au directeur.

Cet examen consistera à résoudre différentes questions ayant trait à l'ensemble des éléments théoriques et pratiques du tissage, ainsi que de ses opérations préparatoires, dont le candidat aura suivi la démonstration durant son séjour à l'École.

L'élève devra, en outre, être à même de décomposer couramment tous les échan-

tillons de tissus qui pourront lui être remis de chacune des parties du cours théorique.

Il aura à soumettre en plus :

Le plan général de l'École, avec son moteur, ses transmissions et les dessins des machines des diverses séries;

Des plans complets de tissage à créer, à rez-de-chaussée et à étages ;

Ses livres de cours et de fabrication.

Le tout devra être fait avec grand soin et propreté.

Règlement d'ordre et de discipline.

Les cours commencent et durent : le matin, de huit heures à midi, et le soir, de deux à six heures, à l'exception du samedi, où la fermeture a lieu à quatre heures.

Ceux des élèves qui ne seraient pas rendus à l'École une demi-heure après les heures d'entrée fixées ci-dessus n'y seront plus admis pour la matinée ou l'après-midi, suivant que le retard aura eu lieu le matin ou le soir.

Les élèves travailleurs et assidus trouveront l'École ouverte à sept heures le matin et à une heure l'après-midi.

L'École restera fermée le dimanche et les jours fériés légaux.

Tout ce qui peut troubler l'ordre ou le travail, soit bruit, chant, causeries, est défendu.

Il est également défendu de fumer dans la salle de théorie et dans les ateliers, comme aussi d'introduire, dans l'établissement, des comestibles, du vin ou des spiritueux.

Aucun élève ne pourra faire voir les ateliers sans l'autorisation du directeur.

Il est défendu de démonter ou de faire aux métiers quoi que ce soit, sans en prévenir le contre-maître, qui sera tenu d'être présent et qui devra s'assurer, quand l'élève aura terminé, si tout a été bien remis à sa place. Cette mesure est de rigueur pour éviter les accidents aux machines et aux chaînes lors du travail.

Les jours de pratique, tous les élèves qui se seront fait admettre aux deux cours seront tenus d'être à l'atelier de tissage, et devront donner les soins les plus assidus à la bonne fabrication des tissus, comme aussi à faire le moins de déchet possible.

La machine à vapeur, le chauffage, le graissage des transmissions, etc., seront soignés par les élèves à tour de rôle et par ordre alphabétique; ils devront y donner tous leurs soins, afin d'éviter des accidents, et, pour le moindre dérangement, prévenir immédiatement le directeur ou le contre-maître.

L'époque des vacances sera fixée par la commission de surveillance.

Des notes mensuelles seront envoyées aux parents pour leur faire part des progrès, de la conduite et du travail des élèves.

Les élèves sont tenus de se conformer en tous points au règlement; toute infraction récidivée, tout manque d'égard envers le directeur ou le contre-maître, tous retards fréquents, toute absence non motivée, ou toute autre faute grave, même en dehors de

l'École, seront déférés à la commission de surveillance, qui pourra exclure de l'École l'élève qui aura manqué à ses devoirs.

Avantages particuliers offerts par l'École.

MM. les fabricants ou négociants qui désireraient des renseignements sur des genres de fabrication spéciaux, ou sur le montage d'articles façonnés, pourront en faire la demande écrite ou verbale au directeur.

Ces conclusions, toutes confidentielles, parfois accompagnées de visites à l'École, donneront lieu à une rémunération proportionnelle au temps qu'elles nécessiteront, ou à la difficulté d'exécution des tissus à décomposer.

Des abonnements à l'année, dont les conditions seront communiquées par le directeur, pourront remplacer le paiement de ces consultations.

Dans le but de faciliter aux inventeurs les essais nécessités par les améliorations et les perfectionnements à apporter aux machines de tissage, l'École offre son concours aux intéressés. Elle recevra les machines qu'on voudra bien lui adresser, et s'empresera de les soumettre, aussitôt montées et en marche, à MM. les industriels et aux autres visiteurs de l'École.

L'École se chargera également, si la demande lui en est faite, de faire connaître aux inventeurs les observations auxquelles aura donné lieu l'examen de ces machines, afin d'en faciliter, dans certains cas, le complément ou le perfectionnement.

Mulhouse, le 15 mai 1863.

Le directeur de l'École de tissage mécanique,

ÉMILE FRIÈS.

Vu et approuvé :

Les membres de la Commission de surveillance,

André KOEHLIN et comp. ; DOLLFUS-MIEG et comp. ; GROS, ODIER, ROMAN et comp. ;
HARTMANN et fils ; SCHWARTZ-TRAPP et comp. ; SCHLUMBERGER fils et comp. ;
N. GÉLIOT.

NOTICES INDUSTRIELLES

EXTRAITES DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

De l'influence des flux sur la composition des fontes manganésifères,
par M. H. Caron. — « Dans une des dernières Notes que j'ai eu l'honneur de
présenter à l'Académie (1), j'ai fait voir, par des expériences appuyées d'analyses, que

(1) *Comptes rendus*, 1863, page 828.

le manganèse servait, dans les fontes, à expulser le soufre et souvent le silicium ; j'ajoutais que les fontes chargées de manganèse, pouvant servir à améliorer les fontes sulfureuses et siliceuses, auraient d'autant plus de valeur qu'elles seraient plus riches en manganèse. Dès lors, il était important de chercher les moyens d'extraire d'un minerai donné la fonte la plus chargée de ce métal épurateur.

« Toutes choses égales d'ailleurs, il y a deux causes qui influent singulièrement sur la richesse des fontes en manganèse : 1° le fondant employé dans la réduction du minerai ; 2° la température à laquelle s'effectue cette réduction. J'ai constaté les effets de ces deux causes par des expériences que je demande la permission de rapporter ici.

« Le minerai avec lequel j'ai opéré est un carbonate de fer et de manganèse ayant la composition suivante :

Carbonate de fer.	71,0
Carbonate de manganèse.	13,3
Carbonate de magnésie.	11,2
Carbonate de chaux.	0,2
Silice (quartz).	4,3
	100,0

« Plusieurs kilogrammes de ce minerai ont été finement pulvérisés et mélangés avec soin, de manière à offrir un tout bien homogène ; dans chacun des essais dont je vais donner les résultats, j'ai employé une même quantité de ce minerai ; le charbon de bois mélangé avec le minerai a été employé dans les mêmes conditions ; enfin les creusets étaient tous brasqués avec un mélange de graphite de cornue à gaz et de mélasse ou de coal-tar (1).

« Le tableau suivant indique l'espèce et la quantité des fondants employés pour 100 de minerai, et en regard la couleur des fontes obtenues ainsi que leur teneur en silicium et en manganèse. Dans les expériences n° 1 à n° 5 inclus, la température employée pour la réduction a toujours été sensiblement la même ; la température pour le n° 6 a été aussi basse que possible (assez élevée cependant pour permettre à la fonte de se rassembler) ; dans l'essai n° 7, au contraire, j'estime que la chaleur aurait été largement suffisante pour fondre quelques centaines de grammes d'acier doux.

Nos	Fondant.		Couleur de la fonte.	Manganèse pour 100.	Silicium pour 100.
1.	Carbonate de chaux.	10	Blanche.	7,93	0,05
2.	Carbonate de chaux.	5	Blanche.	6,32	0,08
3.	Fluorure de calcium.	5	Truitée.	4,70	0,30
4.	Terre siliceuse.	5	Grise.	3,81	0,55
5.	Terre siliceuse.	10	Très-grise.	2,25	0,76
6.	Terre siliceuse.	5	Grise.	3,90	0,50 à basse température.
7.	Terre siliceuse.	5	Grise.	2,10	0,75 à haute température.

(1) Cette brasque résiste admirablement, même pour la réduction du manganèse ; mais, avant de l'employer, il est nécessaire de débarrasser le graphite des matières étrangères (4 à 5 pour 100 environ) qu'il contient, et notamment du soufre dont il renferme plus de 1 pour 100.

« Les essais n^{os} 1, 2, 3, 4 et 5 montrent que, pour obtenir avec un minerai donné les fontes les plus riches en manganèse, il faut employer dans les fondants autant de chaux qu'on pourra en introduire sans nuire à la fusibilité des laitiers. On voit, au contraire, que la proportion de manganèse diminue lorsqu'on augmente la quantité de fondant siliceux, et, chose remarquable, à mesure que le manganèse disparaît, le silicium le remplace dans la fonte.

« La température employée pour la réduction exerce aussi une influence notable sur la richesse de la fonte en manganèse; les essais n^{os} 6 et 7 montrent que plus la température a été élevée, moins on trouve de manganèse dans la fonte, mais aussi plus on y rencontre de silicium. Comme dans les essais précédents, le silicium et le manganèse semblent s'exclure réciproquement.

« Il ne sera pas non plus sans intérêt de remarquer la nature des fontes obtenues. La chaux en quantité suffisante donne des fontes blanches, la silice des fontes grises; un simple changement de flux suffit donc, la température restant la même, pour obtenir à volonté une fonte blanche ou une fonte grise, une fonte à acier ou une fonte à fer.

« Je n'insisterai pas davantage sur ces résultats qui seront parfaitement appréciés par les praticiens, je me bornerai à rappeler que je ne parle aujourd'hui que des fontes obtenues avec des minerais de fer contenant de l'oxyde de manganèse ou mélangés avec lui; la chaux n'a pas précisément la même influence sur les minerais non manganésifères; mais la question mérite d'être traitée d'une manière toute spéciale, et je demanderai la permission d'y revenir plus tard.

« Les essais dont je viens de soumettre les résultats à l'appréciation de l'Académie ne sont, je ne saurais trop le dire, que des expériences de laboratoire; j'espère néanmoins qu'ils pourront être de quelque utilité. Ainsi, les maîtres de forges qui mélangent actuellement des minerais riches en manganèse avec leurs minerais ordinaires (sulfurés ou silicés), dans le but d'améliorer leurs produits, pourront sans crainte augmenter peu à peu la quantité de castine qu'ils emploient habituellement, sans diminuer toutefois d'une manière inquiétante la liquidité de leurs laitiers; si les fondants ainsi modifiés devenaient par trop réfractaires, une addition de sel marin ou de chlorure de calcium leur rendrait bientôt toute la fusibilité désirable (1). Dans ce cas, l'emploi du spath-fluor ou de la kryolithe (2) produirait les mêmes effets; mais ces corps, surtout le dernier, contenant toujours des quantités notables d'acide phosphorique essentiellement nuisible au métal qu'on veut produire, il serait indispensable d'agir alors avec la plus grande prudence. » (*Extrait des Comptes rendus de l'Académie des sciences.*)

(1) En traitant par le carbonate de chaux les résidus de la fabrication du chlore, on obtient une liqueur contenant du chlorure de manganèse et du chlorure de calcium. Cette liqueur, débarrassée, par la filtration ou la décantation, de l'arsenic et du phosphore qu'elle contenait, et desséchée ensuite, deviendrait un fondant précieux, si on parvenait à l'obtenir à bon marché.

(2) Le spath-fluor et la kryolithe donnent toujours un rendement plus considérable en fonte.

Préparation facile de l'acide chlorhydrique pur, par M. Hager. — La préparation de l'acide chlorhydrique pur, pour les pharmacies, est certainement une opération très-facile; cependant on l'y exécute rarement.

La cause de ce fait est probablement l'embarras d'assembler et de fermer la cornue et les autres parties de l'appareil destiné au développement du gaz. L'auteur s'est donc proposé de simplifier autant que possible cet appareil, et il annonce y être parvenu. Toutes ses dispositions consistent maintenant à engager dans un matras le col d'une cornue tubulée, en faisant arriver l'embouchure de ce col tout près de la surface de l'eau qu'il verse dans le matras pour recevoir le gaz. Il est inutile de luter. On place dans la cornue trois parties de chlorure de sodium pur, qui ne doit remplir que le $\frac{1}{4}$ ou le $\frac{1}{3}$, tout au plus, de la capacité de la cornue; on établit cette cornue dans un bain de sable, et l'on verse dans le récipient quatre parties d'eau distillée. On introduit ensuite dans la cornue, par la tubulure, à l'aide d'un entonnoir en verre, un mélange (que l'on a soin de refroidir préalablement) de cinq parties d'acide sulfurique bien exempt d'arsenic, et portant 1,83 de densité, avec une partie d'eau. Le dégagement du gaz commence aussitôt. On retire l'entonnoir, on ferme la tubulure avec un bouchon usé à l'émeri, et l'on active la réaction en chauffant légèrement le bain de sable. L'absorption du gaz, tant que le liquide du récipient ne s'échauffe pas, s'effectue si complètement, qu'il est impossible de reconnaître la moindre fuite d'acide chlorhydrique à l'embouchure du matras. Lorsque ce récipient commence à s'échauffer, on doit le rafraîchir en le plongeant dans l'eau froide ou en faisant passer dessus un courant de ce liquide. Le dégagement du gaz s'effectue paisiblement au-dessous de la température de l'eau bouillante, et ce n'est guère que pendant le dernier tiers de l'opération qu'il convient d'élever progressivement la chaleur jusqu'à 110°C . Dès que le bain de sable est parvenu à 120°C ., on peut laisser tomber le feu et terminer l'opération.

On pourrait étendre moins l'acide sulfurique et le mêler avec une quantité d'eau moindre de moitié, et cette dose serait suffisante pour empêcher le mélange de se boursoufler et de passer dans le récipient, mais il est mieux d'affaiblir l'acide autant qu'on vient de le dire. L'acide sulfurique, en effet, contient souvent du sélénium et de l'acide sélénique, et, si on ne l'étend pas assez, le gaz chlorhydrique entraîne du chlorure de sélénium, qui se distille sous forme de liquide d'un jaune brun, se rassemble à la surface dans le récipient, et se décompose au bout de quelques minutes, au contact de l'eau et de l'acide chlorhydrique, en acide sélénique et en sélénium. Ce métalloïde, aussi longtemps qu'il reste en suspension, donne à l'acide chlorhydrique une nuance rouge. Lorsque l'acide sulfurique est suffisamment étendu, on évite, au contraire, la formation du chlorure de sélénium. (*Hager's Centralhalle*, et *Dingler's Polytechnisches Journal*.)

Recherches sur les moyens de déceler, par la brucine, la présence de l'acide azotique dans l'eau, par M. Kersting. — C'est en analysant des eaux potables que l'auteur a été conduit à ces recherches.

Il a fait dissoudre de la brucine dans mille parties d'eau, et il a versé 1 centimètre

cube de cette solution dans un verre à expériences. Il y a ensuite ajouté 1 centimètre cube d'acide sulfurique concentré qu'il a fait couler lentement dans le liquide, le long de la paroi du verre, au fond duquel l'acide s'est réuni en une couche distincte. Sur cette couche, par l'effet de la présence de l'acide azotique, il s'est formé une zone d'un rouge rose, d'un fort millimètre d'épaisseur, qui, en une minute, est devenue jaune à sa surface inférieure, mais qui n'a plus ensuite subi de changements pendant des heures entières. Lorsque l'on agitait un peu avec précaution, on voyait bientôt, de nouveau, se produire au-dessous de la zone jaune une coloration rouge.

Un centimètre cube d'eau contenant seulement $1/10,000$ d'acide azotique, traité de cette manière, a donné une réaction très-apparente. Un autre centimètre cube d'eau, contenant 10 fois moins encore d'acide azotique, c'est-à-dire $1/100,000$, a même donné une zone d'un rouge rose faible, qu'il était facile de distinguer avec certitude, en plaçant à côté du verre à expériences, comme moyen de comparaison, un autre essai semblable fait sur de l'eau pure. Mais, en mêlant $1/1,000,000$ seulement d'acide azotique, on ne pouvait plus remarquer la moindre différence.

L'auteur, dans ses premières contre-épreuves de ce genre, ne réussit pas à obtenir des mélanges de brucine, d'acide sulfurique et d'eau distillée qui ne fussent pas colorés en rouge. En recherchant la cause, il découvrit que ces trois substances, telles qu'il les employait, contenaient toutes de l'acide azotique. Il entreprit donc de les purifier. Il y parvint pour l'eau, en la distillant encore une fois sur de la potasse. Il lava plusieurs fois la brucine, afin d'entraîner le sel qui contenait de l'acide azotique; enfin il mêla avec l'acide sulfurique environ 5 pour 100 de carbonate d'ammoniaque, et distilla ensuite les $3/4$ de ce mélange dans une cornue de verre placée au-dessus d'une lampe à alcool.

Ce fut alors seulement qu'il put obtenir, avec cette brucine, des mélanges incolores qui rougirent lorsqu'il y ajouta les doses, ci-dessus indiquées, d'acide azotique. (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, et *Dingler's Polytechnisches Journal*.)

(V.)

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION.

PROCÈS - VERBAUX.

Séance du 4 novembre 1863.

M. Chevallier, membre du comité des arts chimiques, occupe le fauteuil.

CORRESPONDANCE. — M. Émile Barrault, ingénieur civil, membre de la Société, renouvelle l'offre de ses services pour prendre gratuitement des brevets pour les inventeurs peu aisés, patronnés par la Société. (Remerciements.)

M. Ludovic de Vitré sollicite la bienveillance de la Société au sujet d'un procédé destiné à empêcher l'oxydation des métaux, pour lequel il voudrait prendre un brevet. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

M. *Vaussin-Chardanne*, ingénieur civil, 1, rue du Pont-Louis-Philippe, présente un système de robinet applicable aux conduites de gaz, d'eaux forcées, etc., et destiné à empêcher les fuites. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Jules François*, ingénieur en chef des mines, rue de Vaugirard, 35, fait hommage d'une brochure intitulée : *Notes pour servir à l'histoire des travaux d'amélioration des eaux minérales françaises, etc.*

M. *Richard*, major au 47^e de ligne, à Cambrai, soumet à l'appréciation du Conseil un instrument pour la résolution des triangles, dispensant de l'usage des tables de logarithmes. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. *Calla*, membre du Conseil, communique un mémoire manuscrit traitant des outils d'ajustage employés à l'usine d'Indret, et rédigé par le sous-ingénieur de la marine attaché à cette usine. (Renvoi à la commission du *Bulletin*.)

M. *Anatole Fèvre*, rue des Pierres, 6, à Meudon, présente un appareil pour faciliter l'étude du dessin. (Renvoi à la commission des beaux-arts appliqués à l'industrie.)

M. *Émile Cauderon*, 25, rue de Penthievre, soumet à l'appréciation du Conseil un système de comptabilité au moyen de registres à fiches mobiles. (Renvoi au comité du commerce.)

M. *Bellenot*, chaudronnier, rue Mademoiselle, 58, à Vaugirard-Paris, sollicite l'examen d'un appareil breveté, destiné à la destruction des insectes. (Renvoi au comité d'agriculture.)

MM. *Kœlitz et comp.*, à Maisons-Alfort (Seine), adressent divers échantillons de vinaigre et d'amidon de riz obtenus par des procédés qui leur sont particuliers. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

MM. *Baillière frères*, éditeurs à New-York et à Paris, déposent le tome I^{er} d'un ouvrage anglais intitulé : *Recherches expérimentales sur la vapeur, etc.*, par M. *B. F. Isherwood*, ingénieur en chef de la marine des États-Unis. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du jury d'examen pour l'admission aux écoles impériales d'arts et métiers, M. *Priestley* lit un rapport contenant le résultat des examens pour l'année 1863. (Voir *Bulletin* d'octobre 1863, p. 587.)

COMMUNICATIONS. — M. *Payen*, membre du comité des arts chimiques, au sujet de la réclamation de M. *Deiss*, fabricant de sulfure de carbone (voir la séance du 21 octobre 1863), entretient le Conseil des moyens employés par cet industriel pour empêcher l'air d'être vicié par les émanations auxquelles donne lieu la fabrication de cet important produit, moyens consistant à diriger les gaz incondensables dans des caisses contenant des couches de chaux hydratée. M. *Payen* pense qu'il y aurait avantage à substituer à la chaux hydratée le sesquioxyde de fer hydraté qu'on pourrait révivifier un grand nombre de fois. (La communication de M. *Payen* sera insérée au *Bulletin*.)

NOMINATION DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ : 1^o M. *Emile Soulié*, ingénieur civil ;

2^o M. *Meric*, négociant à Madrid ;

3^o M. *Tricas*, distillateur.

Séance du 18 novembre 1865.

M. *Darblay*, vice-président, occupe le fauteuil.

A l'ouverture de la séance, M. *Darblay* donne lecture d'une lettre de M. *Dumas*, président, qui s'excuse de ne pouvoir venir en raison de l'aggravation de la maladie de son petit-fils.

M. *Darblay* rappelle au Conseil qu'il aura à voter, dans cette séance, sur le choix d'un candidat au poste d'agent de la Société, laissé vacant par la mort de M. *Delacroix*; en conséquence, il déclare le scrutin ouvert et invite MM. les membres du Conseil à signer le registre de présence et à déposer leur vote dans l'urne pendant la lecture de la correspondance.

CORRESPONDANCE. — M. *Turck*, par l'intermédiaire de M. *Combes*, secrétaire, soumet à l'appréciation de la Société les modifications qu'il a apportées à l'injecteur *Giffard*; ces modifications, décrites dans un mémoire, sont résumées ainsi par l'auteur :

Suppression du piston et de ses garnitures; construction moins dispendieuse et plus courante; moins de longueur et plus de simplicité dans l'appareil; frais d'entretien à peu près nuls; mise en marche facile et prompte; plus grandes limites dans les pressions; plus grande hauteur et plus grande température de l'eau d'aspiration, etc. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

MM. *Spiquel* (*Michel*), négociant, et *Eugène Florange*, fabricant d'orfèvrerie, 1 et 3, rue des Trois-Bornes, informent qu'ils viennent de former une société sous la dénomination de *Société française d'orfèvrerie et objets d'art*, et prient le Conseil de vouloir bien nommer une commission pour voir fonctionner les machines brevetées qu'ils vont mettre en exploitation. (Renvoi au même comité.)

M. *Emile Barrault*, ingénieur-conseil, membre de la Société, présente, de la part de M. *Dedieu*, les dessin et description d'un appareil dit *contrôleur*, servant à contrôler la pression indiquée par les manomètres. (Renvoi au même comité.)

M. *Debatène*, rue des Gravilliers, 28, dépose le modèle d'un système de robinet destiné à prévenir les coups de bélier. (Renvoi au même comité.)

M. *C. Carville* aîné, à Lille, rappelle qu'il a présenté, en 1861, un système de chauffage de générateur à vapeur, et exprime le désir de le voir soumis à l'examen du comité des arts mécaniques.

M. *Mandet*, pharmacien, à Tarare, envoie plusieurs échantillons de mousselines rendues ininflammables par l'emploi du sulfate d'ammoniaque. (Renvoi au comité chargé du rapport.)

Madame la comtesse *de Vernède de Corneillan*, à Passy-Paris, parc de Beau-séjour, adresse :

1° Une lettre relative au dévidage en soie continue des cocons à orifice par des procédés dont elle réclame l'invention et contenant, en outre, l'annonce d'un appareil transporteur, permettant la conservation des cocons vivants pendant les plus longues traversées (renvoi au comité des arts mécaniques et d'agriculture);

2° Une seconde lettre sollicitant le concours de la Société, au sujet des nouvelles démarches tentées auprès du Sénat en faveur des héritiers de *Philippe de Girard*.

M. *Druelle*, chimiste, à Niort, prie M. le Président de hâter le rapport qu'il a sollicité sur ses mémoires traitant de l'emploi de la poudre d'alumine contre la maladie de la vigne, et de son application dans l'art du mouleur en remplacement de la poudre de charbon.

M. *Sacc*, chimiste, à Barcelonne, dépose, par l'intermédiaire de M. *Dumas*, Président, 1° des échantillons de toiles peintes par la garancine; 2° une encre nouvelle plus solide que celle fabriquée avec la noix de galle et le sulfate de fer, et dans laquelle l'aniline entre comme élément. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

M. *E. Barbusse*, à Philippopolis, adresse un mémoire traitant de la maladie des vers à soie. (Renvoi au comité d'agriculture.)

M. *Georges Numa*, photographe, par l'intermédiaire de M. *Gaultier de Claubry*, membre du comité des arts chimiques, sollicite de composer un album de tous les portraits des membres du Conseil, ainsi qu'il vient de le faire pour la Société impériale d'acclimatation. (Renvoi au bureau.)

M. *V. de Luynes*, membre du conseil, présente, de la part de l'inventeur, M. *Bourbouze*, une machine à diviser. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

Parmi les pièces imprimées de la correspondance, l'un de MM. les secrétaires cite une brochure intitulée, *Des vignes du midi de la France*, par M. *Henri Marès*, en rappelant que M. Marès a été l'un des premiers et l'un des plus ardents propagateurs de l'emploi du soufre contre l'oïdium.

NOMINATION DE L'AGENT. — M. le Président déclare le scrutin fermé et procède au dépouillement des votes.

Au second tour de scrutin, M. *Trébuchet*, membre du Conseil, l'un des candidats, ayant réuni la majorité des voix, est nommé agent de la Société.

NOMINATION DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — M. *Amédée Belhommet*, fabricant de bougies stéariques, à Landerneau.

Le Conseil se forme en comité secret.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

La Société d'encouragement a reçu, dans les séances des 21 octobre, 4 et 18 novembre, et 2 décembre 1863, les ouvrages dont les titres suivent :

Ouvrages offerts à la Société.

ANNUAIRE de la Société météorologique de France. — BULLETIN des séances, feuilles 1 à 18, t. II. — TABLEAUX météorologiques, feuilles 16-21, t. VIII.

ANNALES de la Société impériale d'agriculture, industrie, etc., du département de la Loire, 3^e et 4^e livr., t. VI, et 1^{re} et 2^e du tome VII.

ANNALES de l'agriculture française. Nos 3 à 9.

- ANNALES télégraphiques. Juillet à octobre.
 ANNUAIRE des engrais, par M. ROHART, 8^e et 9^e livr., 4^e année.
 ANNUAIRE de la Société des anciens élèves des écoles impériales d'arts et métiers. 1863.
 ANNALES du commerce extérieur. Août, septembre.
 BULLETIN des séances de la Société impériale et centrale d'agriculture. Nos 9 à 11.
 BULLETIN mensuel de la Société protectrice des animaux. N° 7. Octobre.
 BULLETIN du laboratoire de chimie, de M. MÈNE. Août, septembre.
 BULLETIN de la Société philomathique de Bordeaux. 1^{er} semestre 1863.
 BULLETIN du musée de l'industrie. Juillet à octobre.
 BULLETIN de la Société française de photographie. Juillet à octobre.
 BULLETIN de la Société de Mulhouse. Août, septembre.
 BULLETIN de la Société de l'industrie minérale. Janvier, février, mars.
 BULLETIN de l'industrie. N° 25.
 COSMOS, revue encyclopédique. Livr. 8 à 22.
 CULTURE (la), par M. SANSON. Nos 4 à 6.
 CATALOGUE des brevets d'invention. Nos 1 à 4. 1863.
 CULTIVATEUR de la Champagne (le). Août à novembre.
 COURRIER des sciences (le), par M. VICTOR MEUNIER. Nos 9 à 13.
 GÉNIE industriel (le), de MM. ARMENGAUD frères. Septembre à novembre.
 JOURNAL d'éducation populaire. Août, septembre.
 JOURNAL d'agriculture de la Côte-d'Or. Mai, juin, juillet.
 JOURNAL des fabricants de papier. Nos 16 à 22.
 JOURNAL d'agriculture pratique. Nos 16 à 22.
 JOURNAL de l'éclairage au gaz. Nos 11 à 16.
 JOURNAL des fabricants de sucre. Nos 19 à 34.
 JOURNAL de la Société impériale et centrale d'horticulture. Juillet à octobre.
 LUMIÈRE (la). Nos 15 à 21.
 INVENTION (l'), par M. DESNOS-GARDISSAL. Septembre, octobre, novembre.
 MONITEUR scientifique (le), par le docteur Quesneville. Livr. 160 à 167.
 PRESSE scientifique des deux Mondes (la). Nos 17 à 22.
 PROPRIÉTÉ industrielle (la). Nos 295 à 309.
 REVUE universelle des mines, de la métallurgie, sous la direction de M. CH. DE CUYPER. Mai — juin, juillet — août.
 REVUE agricole, industrielle..., de Valenciennes. Juillet à octobre.
 REVUE générale de l'architecture et des travaux publics, par M. CÉSAR DALY. Nos 7 à 10.
 SOCIÉTÉ des ingénieurs civils. Séances des 7 août, 2 octobre, 6 novembre.
 TECHNOLOGISTE (le), par MM. MALEPEYRE et VASSEROT. Septembre à novembre.
 JOURNAL of the Franklin institute. Août à novembre.
 JOURNAL of the Society of arts. Nos 562 à 575.
 NEWTON'S London Journal. Septembre à décembre.
 PHOTOGRAPHIC Journal (the). Nos 136 à 138.
 PROCEEDINGS of the royal Society. Nos 55 à 57, vol. XIV.
 POLYTECHNISCHES journal Von Dingler. N° 979.
 REVISTA de obras publicas. N° 16 à 22.
 ANNUAL report of the Board of regents of the Smithsonian Institution, 1 vol. in-8. Washington, 1862.
 BREVETS d'invention. Tome XLV.
 BIBLIOTHÈQUE et cours populaires de Guebwiller. Br.
 CONSEILLER du débitant de boissons (le), par M. EUG. DU LIEGE DE PUYCHAUMEIX. 1 vol. in-8. Lacroix, édit.

- CONQUÊTE de l'air par l'hélice (la), par le vicomte PONTON D'AMÉCOURT. Br.
 DE l'amélioration des forêts, par M. DUCHESNE-THOUREAU. Br.
 DE la pellagre, de ses ravages et de ses moyens de curation, par PEZZANI. Br.
 DES machines-outils, par M. CHRÉTIEN, 1 vol. in-8. Lacroix, édit.
 DES vignes du midi de la France, par M. MARÈS.
 ÉTUDE sur les machines à vapeur marines et leurs perfectionnements, par M. VICTOR DELACOUR.
 1 vol. in-8. Arthus Bertrand, édit.
 EXPERIMENTAL Researches in steam engineering by chief engineer B. F. ISHERWOOD, t. I, 1 vol.
 in-4. Philadelphie. Baillière et fils, édit.
 GUIDE pratique de télégraphie électrique, par M. B. MIÈGE. 1 vol. in-12. Lacroix, édit.
 GUIDE pratique de la meunerie et de la boulangerie, par M. PIERRE MARMAY. 1 vol. in-8, texte
 avec atlas. Lacroix, édit.
 GUIDE pratique de chimie agricole, par M. BASSET. 1 vol. in-12. Lacroix, édit.
 GUIDE pratique des bijoutiers, par M. Moreau. 1 vol. in-12. Lacroix, édit.
 MANUEL pratique de la culture maraîchère, par M. COURTOIS-GÉRARD. 1 vol. in-12. Lacroix, édit.
 MANUEL du gréement et de la manœuvre pour servir au brevet de capitaine au long cours, par
 M. BREART. 1 vol. in-8. Lacroix, édit.
 NOTES pour servir à l'histoire des travaux d'amélioration des eaux minérales françaises, par
 M. J. FRANÇOIS. Br. Paris, Dunod, édit.
 NOUVEAU Cosmos, revue astronomique pour 1862, par M. EDMOND DUBOIS. B. Lacroix, édit.
 PROGRAMME des prix proposés pour 1864, 1865 et 1866 par la Société libre d'émulation du com-
 merce de la Seine-Inférieure.
 PROBLÈME résolu. — Navigation aérienne. — Système Constantin Martin. Br.
 ORGANISATION du travail artistique en France, par M. THÉODORE LABOURIEU. Br.
 REPORT of lieutenant col. J. D. Graham. V. S. Topographical engineers on Mason and Dixon's
 Line. Br. Chicago, 1862.
 QUESTIONS de trace et d'exploitation de chemins de fer, par M. EUGÈNE FLACHAT. Br.
 RICERCHÉ chimiche sull' acido borico d'ell' isola di Vulcano. Note de M. S. DE LUCA. Br.
 RICERCHÉ sulle relazioni di peso nelle ossa dello scheletro umano, per S. DE LUCA e G. UBAL-
 DINI. Br.
 RENDICONTO de lavori eseguiti nel laboratorio di chimica dell' università di Pisa sotto la direzione
 del prof. S. DE LUCA. Dispensa III.

Abonnements.

- ANNALES de chimie et de physique. Août.
 ANNALES des ponts et chaussées. Septembre et octobre.
 ANNALES du Conservatoire des arts et métiers. Juillet.
 COMPTES RENDUS hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. Nos 7 à 21.
 JOURNAL des économistes. Juillet à novembre.
 LES Mondes, par M. l'abbé Moigno. Livr. 3 à 17.
 LE Teinturier universel. Nos 11 à 17.
 THE Engineer. Nos 408 à 411.
 THE Artizan. Août à novembre.
 THE mechanic's Magazine. Août à novembre.
 THE practical mechanic's journal. Août à novembre.
 THE Technologist. Août à novembre.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

ARTS MÉCANIQUES.

RAPPORT *fait par M. TRESCA, au nom du comité des arts mécaniques,*
sur UNE POMPE de M. MÉTIVIER, rue Keller, 34, à Paris.

Messieurs, nous avons été chargé d'examiner un système de pompe à double effet, qui a été soumis à l'appréciation de la Société d'encouragement par M. Métivier.

Les expériences que nous avons faites, au Conservatoire impérial des arts et métiers, sur une de ces pompes, nous ont permis de constater un effet utile, en eau élevée, d'environ 50 p. 100 du travail dépensé, et ce résultat, médiocrement favorable, nous avait laissé indécis sur la question de savoir s'il était convenable de vous entretenir de cet appareil; mais l'inventeur ayant insisté pour qu'un rapport vous fût présenté, le comité des arts mécaniques nous a autorisé à déférer à son désir.

Cet appareil, d'ailleurs, mérite de vous être signalé à cause de son originalité même, et il ne serait pas impossible qu'on lui trouvât, dans certains cas déterminés, une application spéciale. Nous croyons cependant que l'auteur a beaucoup trop sacrifié au désir de construire une pompe rotative, et à celui de cacher toutes les parties de son mécanisme, de manière à donner à sa machine l'apparence d'une simplicité qui, en réalité, n'existe pas.

L'arbre moteur est vertical, et passe, au travers d'un stuffing-box, dans l'axe

d'une cuve cylindrique ; il entraîne dans son mouvement de rotation une boîte concentrique avec ce premier cylindre, sur la face horizontale de laquelle sont assemblés, au moyen de disques en cuir bien souples, quatre cylindres en cuivre, parfaitement alésés, et pouvant prendre, par rapport à cette base, diverses inclinaisons. Les ouvertures supérieures de ces cylindres sont munies de soupapes sphériques bien disposées, destinées, lors du refoulement, à ouvrir à l'eau un passage dans la boîte mobile, et de là, par une tubulure fixe, au dehors. La fixité de cette tubulure implique déjà la nécessité d'une garniture annulaire entre la cuve qui forme la bâche de l'appareil et la boîte mobile qui porte les cylindres. Ces cylindres sont, d'ailleurs, articulés et comme soutenus par des charnières appartenant à la bâche, en sorte que les disques de cuir qui ferment le dessous de la boîte, dans toutes les positions que peuvent prendre les cylindres, ne contribuent en rien à la solidarité des différentes pièces.

Le même arbre moteur est prolongé, avec intermédiaire d'un joint de Cardan, par un autre arbre incliné par rapport au premier, et sur lequel se trouve calée une sorte de tourteau en fonte, à quatre bras, à chacun desquels correspond une tige, et à l'extrémité de celle-ci un piston, à garniture métallique, évidé à son centre, avec siège à cuvette sphérique, disposé pour recevoir la soupape d'aspiration de l'un des cylindres.

Si l'on se représente l'ensemble de tous ces organes, dans leur mouvement simultané de rotation, il est facile de voir que les pistons, tournant autour d'un axe incliné par rapport à l'axe principal, vont prendre, par rapport aux cylindres, et dans le sens de leur axe, un mouvement alternatif, et que ceux-ci, pouvant osciller autour des articulations auxquelles ils sont appendus, prendront successivement les inclinaisons commandées par les garnitures des pistons. Il y aura donc successivement, pour chacun d'eux, augmentation et diminution du volume compris entre chaque piston et la soupape de refoulement correspondante, c'est-à-dire que l'eau introduite pendant la période d'augmentation de volume pourra être refoulée pendant la période suivante, et qu'ainsi l'appareil fonctionnera comme une pompe quadruple, à simple effet, dans laquelle chaque piston parcourrait, pendant le temps d'une révolution, sa double course.

Quant à la bâche d'aspiration, elle est formée par un prolongement de la cuve, suivant la forme d'un cylindre de même diamètre que celle-ci, et dont les génératrices seraient parallèles à l'arbre incliné, relié à l'arbre moteur par le joint de Cardan.

Lorsque l'appareil fonctionne, tous les organes sont renfermés dans cette double cuve, et, grâce au groupement que nous venons d'indiquer, ils fonc-

Fig. 1.

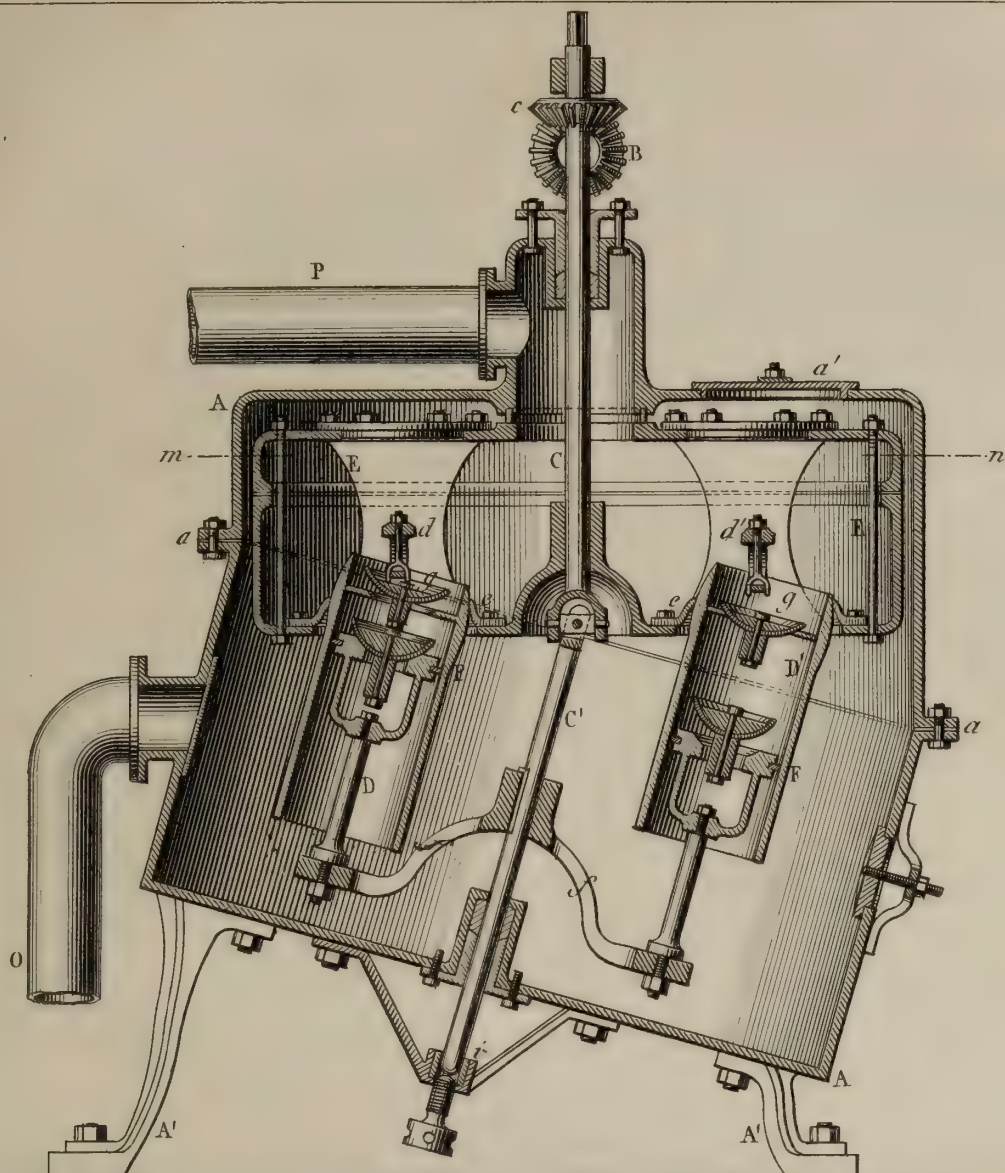
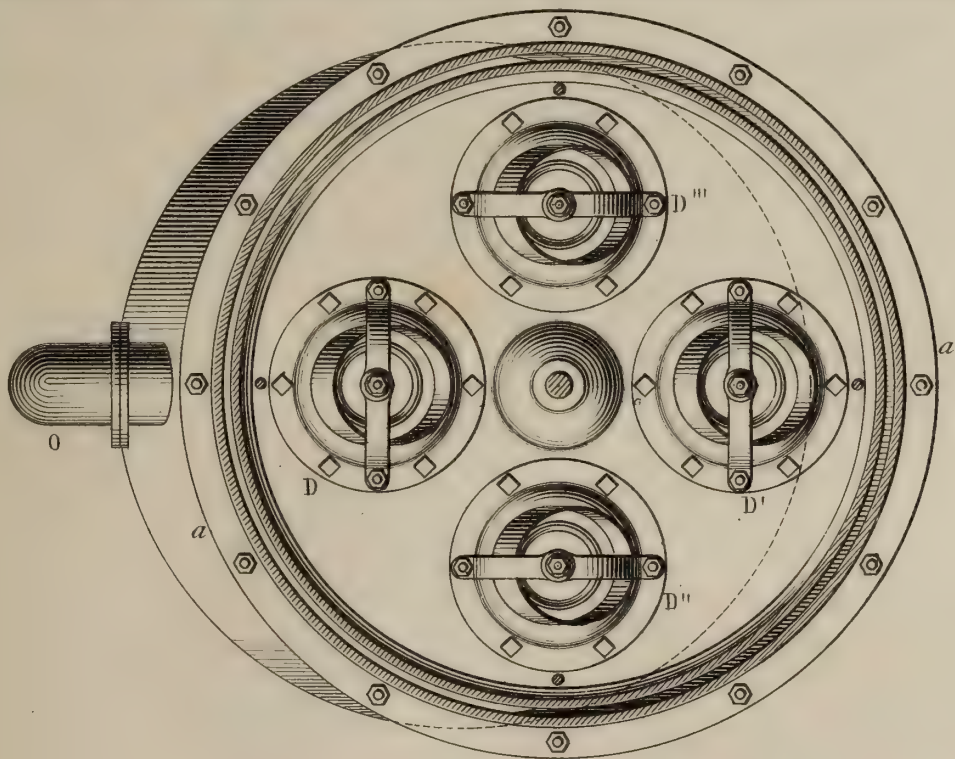


Fig. 2.





tionnent tous, dans un très-petit espace, avec un nombre d'organes de transmissions très-restreint.

Sous ce rapport la disposition est vraiment ingénieuse; mais, en ce qui concerne l'entretien des diverses parties de l'appareil et le bon rendement comme effet utile, il est impossible de ne point remarquer que 1° les deux stuffing-boxes, aux deux extrémités de l'arbre à joint de Cardan, 2° la garniture étanche interposée entre la cuve fixe et le cylindre rotatif, 3° les garnitures en cuir flexible des quatre cylindres, 4° leurs quatre charnières de suspension, 5° enfin les quatre garnitures des pistons, constituent autant de pièces délicates qui, pour être facilement visitées et remplacées même, n'en constituent pas moins, par leur réunion, un appareil bien compliqué.

Au point de vue de l'effet utile aussi, n'y a-t-il pas beaucoup de travail perdu, soit dans les frottements résultant de l'emploi du joint de Cardan, soit dans les tourbillonnements de l'eau de la cuve inférieure dans laquelle la plupart des pièces mobiles font leurs évolutions ?

Nous craignons que l'inventeur n'ait ajouté, sans aucun avantage bien réel, à la plupart des inconvénients des pompes ordinaires à mouvement alternatif, quelques-uns de ceux des pompes rotatives.

La pompe s'est, au reste, bien comportée dans les essais auxquels elle a été soumise, et nous pensons que l'on ne consultera pas sans intérêt le dessin de l'appareil de M. Métivier. Nous vous proposons, Messieurs, de l'insérer, avec le présent rapport, dans votre *Bulletin*.

Signé TRESCA, rapporteur.

Approuvé en séance, le 3 juin 1863.

LÉGENDE DE LA PLANCHE 285 REPRÉSENTANT LA POMPE DE M. MÉTIVIER.

La figure 1^{re} est une coupe verticale faite par l'axe de la pompe ;

La figure 2, une coupe horizontale faite suivant la ligne *mn* de la figure 1.

A A, cuve contenant tous les organes de la pompe et formée de deux parties cylindriques réunies par le joint *a a*.

A, A', pieds sur lesquels cette cuve est portée.

a', regard au moyen duquel on peut visiter les cylindres, en les amenant au-dessous de ce regard.

B, engrenage calé sur la manivelle motrice.

C, arbre vertical muni du pignon denté *c*, et relié par un joint de Cardan avec l'arbre incliné C' qui repose, à son autre extrémité, dans la crapaudine *c'*.

D, D', D'', D''', cylindres suspendus aux étriers *d d' d'' d'''*, prenant leurs points d'appui sur le fond inférieur de la boîte E, solidaire avec l'arbre C.

E, boîte creuse calée sur l'arbre C et percée, à sa partie inférieure, de quatre orifices circulaires pour le passage des cylindres.

e, e, e, e, quatre garnitures en cuir permettant aux cylindres de prendre diverses inclinaisons autour de leurs étriers de suspension.

F, F', pistons des quatre corps de pompe, garnis chacun d'une soupape sphérique. Ces pistons tournent au moyen des bras *f f* en même temps que l'arbre C'. La figure 1, en représentant les deux cylindres D et D' dans leurs positions extrêmes, fait voir dans quelles positions se trouvent alors les pistons par rapport aux cylindres.

g, g, soupapes sphériques de refoulement.

O, tuyau général d'aspiration.

P, tuyau général de refoulement.

Le dessin fait comprendre d'une manière suffisante que l'arbre C entraîne dans son mouvement de rotation : 1° la boîte E et les quatre cylindres qui y sont suspendus ; 2° l'arbre C', et avec cet arbre les quatre pistons des différents corps de pompe et leurs soupapes d'aspiration. Dans ce mouvement général, chaque piston, passant de la position F à la position F', détermine dans le corps de pompe correspondant la quantité d'eau qui sera ensuite refoulée dans le mouvement qui ramènera le piston F à sa position primitive. (T.)

ARTS CHIMIQUES.

RAPPORT fait par M. A. CHEVALLIER, au nom du comité des arts chimiques, sur l'ENDUIT A BASE DE FER présenté, sous le nom de MINIMUM DE FER, par M. A. DE CARTIER, à Auderghem, près Bruxelles.

Messieurs, vous avez renvoyé à l'examen du comité des arts chimiques la demande de M. de Cartier, sollicitant l'examen d'un produit désigné par lui sous le nom de minium de fer (1), et fabriqué à Auderghem (Belgique). Ce produit, qui est un oxyde de fer, est proposé par M. de Cartier pour être employé, à l'état de peinture à l'huile, pour donner une première couche aux fers, fontes, etc., pour les préserver de l'oxydation.

Dans la note qu'il a adressée, l'auteur établit que le produit qu'il présente, et qu'il obtient par un traitement spécial appliqué à un minerai de fer

(1) C'est à tort que M. de Cartier a donné au produit ferrugineux qu'il prépare le nom de minium de fer ; cette désignation pourrait faire croire aux acheteurs qu'on leur vend un produit dérivant du plomb, tandis qu'il n'est qu'un produit ferrugineux.

limoneux, fournit une peinture supérieure à celle obtenue avec le minium de plomb.

A sa demande, M. de Cartier a joint une note imprimée contenant cinquante et un certificats émanant de personnes recommandables, telles que des administrateurs de chemins de fer, des savants et de grands industriels qui ont employé avec succès son minium de fer. On voit, par le texte de ces certificats, que le produit dit *minium de fer* ne sert pas seulement pour revêtir le fer d'une couche capable de le soustraire à l'oxydation, mais qu'il a été employé également à faire des mastics dont on fait usage dans les machines à vapeur en substitution du mastic au minium de plomb.

Voulant contrôler nous-même les résultats qui nous avaient été annoncés, nous avons procédé à un certain nombre d'expériences dont nous allons rendre compte.

Le minium de fer d'Auderghem est vendu sous forme pulvérulente. Son prix moyen est de 50 francs les 100 kilog., tandis que l'oxyde de plomb vaut, en moyenne, 90 francs.

Mêlé à diverses autres substances, il donne une variation de couleur plus ou moins foncée, parfaitement propre à imprégner le bois, le fer et la fonte.

Il doit, comme toute couleur employée journellement, être additionné d'une certaine quantité de matière siccatrice (de litharge) qui ne dépasse pas, en général, 5 à 6 pour 100.

Pour nous rendre un compte exact, nous avons fait, sur le bois, sur le fer, sur la tôle et sur la fonte, des essais comparatifs du minium de plomb et du minium dit de fer, en ayant soin, pour plus d'exactitude, de choisir des matériaux identiques. Ces matériaux, après avoir été enduits, ont été laissés exposés, pendant neuf mois environ, aux variations atmosphériques.

De ces essais il résulte que le minium de fer appliqué sur bois a autant d'adhérence que le minium de plomb; qu'il donne même un grain plus avantageux sous la brosse, c'est-à-dire qu'il coule plus facilement que ne le fait le minium de plomb: il peut donc, dans certaines circonstances, être employé pour ce qu'on appelle *faire un premier couchage*, une teinte de fond. Sur le fer, il a l'avantage, surtout si la surface est grenue, de bien couvrir le métal, enfin de se bien marier avec lui et de donner du lissé, tandis que le minium de plomb laisse voir en partie le *grainé* du fer. Sur tôle, il ne présente pas de différence avec le minium de plomb.

Nous avons opéré dans le laboratoire de Bondy: 1° sur une plaque de fonte, 2° sur des barres de fer, 3° sur des plaques de fer, 4° sur des bois, et nous mettons sous les yeux de la Société les objets enduits comparativement avec les deux produits. Nous avons remarqué, dans cette opération, que le

séchage s'opère un peu moins rapidement avec le minium de fer, mais que la peinture faite avec ce produit est plus régulière, et que la quantité employée est d'un cinquième moins grande que celle du minium de plomb. Ces essais, comme nous l'avons dit, ayant été suivis pendant neuf mois, aujourd'hui nous pouvons affirmer que notre conviction est complète.

Une circonstance particulière nous ayant permis, dans l'intérêt des chemins de fer, de répéter plus en grand nos expériences, nous avons opéré, dans les ateliers de MM. Darche et Puissant, sur des pièces de fer ayant une longueur de 6 mètres sur 16 centimètres de largeur. Ces expériences, faites également d'une manière comparative, nous ont démontré l'infériorité du minium de plomb, malgré l'emploi plus considérable fait par le peintre, pour le minium de fer, d'huile siccative, à cause du peu de temps dont on devait disposer. Nous avons fait donner une première couche de chacun des produits sur une étendue de 6 mètres; au bout de vingt-quatre heures, une seconde couche sur 4 mètres; et, au bout d'un même laps de temps, la troisième couche.

Une particularité à signaler, c'est que la deuxième couche de minium de fer était absorbée plus rapidement que celle du minium de plomb; ce qui fait présumer que le minium de fer a tendance à se lier intimement avec le métal.

D'après nos essais, la couche d'un mètre superficiel au minium de plomb revient à 0^f,45, tandis qu'elle ne revient qu'à 0^f,12 pour le minium de fer; soit une différence de 0^f,33 en faveur de l'emploi de ce dernier.

Il est encore une autre circonstance qui plaide en faveur du minium de fer, c'est que l'enduit préparé avec cette substance conserve en masse sa fluidité, ce qui n'arrive pas dans le cas du minium de plomb, qui, en raison de sa grande densité, tombe au fond du siccatif si on ne l'emploie pas dans un temps très-court.

Le travail fait chez MM. Darche et Puissant a été le sujet d'un rapport de M. Fèvre, architecte de la compagnie du chemin de Lyon. Les conclusions de ce rapport sont que le minium de fer employé comme peinture est avantageux; qu'il est une des couleurs les plus préservatrices contre l'humidité; qu'il peut servir aussi bien sur bois, sur terre cuite, sur fer; qu'il présente l'avantage de ne pas occasionner la colique dite *saturnine*, assez fréquente chez les ouvriers chargés, dans les chemins de fer, d'employer le minium, soit comme masticage des chaudières, soit délayé dans l'huile, pour être appliqué sur fer, sur bois.

Dans les essais que nous venons de relater, comme on avait fait l'emploi d'huiles cuites en proportions différentes pour les deux produits, à cause du

peu de temps que nous avons à notre disposition, nous avons cru devoir recommencer avec des barres de fer ou poutrelles de dimension semblable à celles que nous avons employées avec M. Fèvre, architecte, mais en employant, cette fois, de l'huile de lin non siccativ et en laissant le temps nécessaire à la dessiccation.

Après avoir donné trois couches successives, nous avons constaté des résultats identiques à ceux obtenus dans les ateliers de MM. Darche et Puissant.

D'après les prix de la ville de Paris, on peut, en travail courant, donner les évaluations comparatives suivantes :

	1 ^{re} couche.	2 ^e couche.	3 ^e couche.
Minium de plomb.	0 ^f ,44	0 ^f ,36	0 ^f ,35
Minium de fer.	0 ^f ,35	0 ^f ,33	0 ^f ,32

Notre collègue, M. Payen, qui a été chargé, par l'Académie des sciences, de l'examen du minium de fer, a exprimé son opinion sur ce produit de la manière suivante :

« Le minium de fer est une poudre impalpable d'un rouge brun assez
 « foncé, pouvant se prêter facilement aux opérations de la peinture ; nous
 « nous sommes assuré de la composition du minium de fer, formé d'oxyde
 « de fer pur, et d'environ 25 pour 100 d'argile siliceuse. Cette matière, ne
 « contenant pas de composés acides, nous paraît très-propre à la peinture et
 « à la préservation des surfaces métalliques, principalement des objets en
 « tôle et en fer ; le minium de fer, moins brillant que le minium de plomb,
 « paraît préférable à ce dernier à cause de son inaltérabilité plus grande et
 « de son innocuité.

« On sait, en effet, que les composés ferriques ne sont pas vénéneux, que
 « plusieurs même sont employés en thérapeutique avec succès. Tous les
 « composés plombiques sont, au contraire, vénéneux, et leur emploi, sous
 « quelque forme que ce soit, a toujours des inconvénients plus ou moins
 « graves. C'est dans ce sens que nous croyons que l'emploi du minium de
 « fer dans la peinture des formes à sucre et, en général, des vases destinés
 « à contenir des substances alimentaires doit être préféré à celui de la
 « céruse et du minium de plomb, plus ou moins employés jusqu'ici.

« Des essais faits en petit nous ont donné la conviction que le minium de
 « fer était d'une application facile en peinture, et qu'elle doit être écono-
 « mique, car cette substance couvre bien les surfaces qu'elle est appelée à
 « préserver et à colorer. »

De tout ce qui précède il résulte, pour nous, que l'emploi du minium de fer en industrie présente des avantages ; qu'il y a lieu de remercier M. de

Cartier de la communication qu'il a faite, et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

Signé A. CHEVALLIER, rapporteur.

Approuvé en séance, le 12 août 1863.

ARTS MÉCANIQUES.

NOTE SUR UN APPAREIL AUTOMOTEUR, BREVETÉ DU 15 OCTOBRE 1851, DE
M. CAVÉ, POUR FORER PAR PERCUSSION LES TROUS DE MINES ; PAR
M. BAUDE,
membre du comité des arts mécaniques (1).

Messieurs, dans une communication verbale récente sur les travaux du mont Cenis, il a été longuement question de l'appareil percuteur de M. Sommelier pour forer les trous de mines de la galerie souterraine de 12,200 mètres, qui traverse les Alpes sous le col de Fréjus. On peut en voir la description dans le numéro de février du *Bulletin* de cette année (p. 98), où se trouve insérée la note dont vous avez bien voulu ordonner la publication.

Il ne sera pas sans intérêt pour vous, Messieurs, de connaître un autre appareil percuteur dû à l'esprit inventif de notre habile constructeur, M. Cavé, qui a pris un brevet le 15 octobre 1851. Ce brevet est périmé, l'inventeur ne peut plus tirer parti de son appareil dont personne, d'ailleurs, ne s'est servi. L'étude rétrospective que nous proposons de faire, désintéressée au point de vue industriel, vous montrera comment, il y a près de quinze années, M. Cavé préjugait toutes les parties du problème qui ont été si heureusement résolues par M. Sommelier.

La Société d'encouragement n'a pas seulement en vue la glorification du résultat matériel, elle apprécie aussi les études qui le préparent.

Décrivons donc en premier lieu l'appareil perforateur tel qu'il a été conçu par M. Cavé : nous ferons suivre cette description de quelques remarques comparatives.

L'appareil de M. Cavé, que représentent les figures suivantes (2), consiste dans un cylindre renfermant un piston, dont la tige prolongée porte soit un foret, soit un ciseau propre à percer la pierre dure, en agissant par percussion, comme feraient des coups de marteau successivement répétés.

(1) Lecture faite dans la séance du 22 avril 1863.

(2) Ces figures sont empruntées au *Génie industriel* de MM. Armengaud frères.

La figure 1 est une coupe longitudinale de l'appareil, faite par l'axe du cylindre et des orifices d'introduction de l'air.

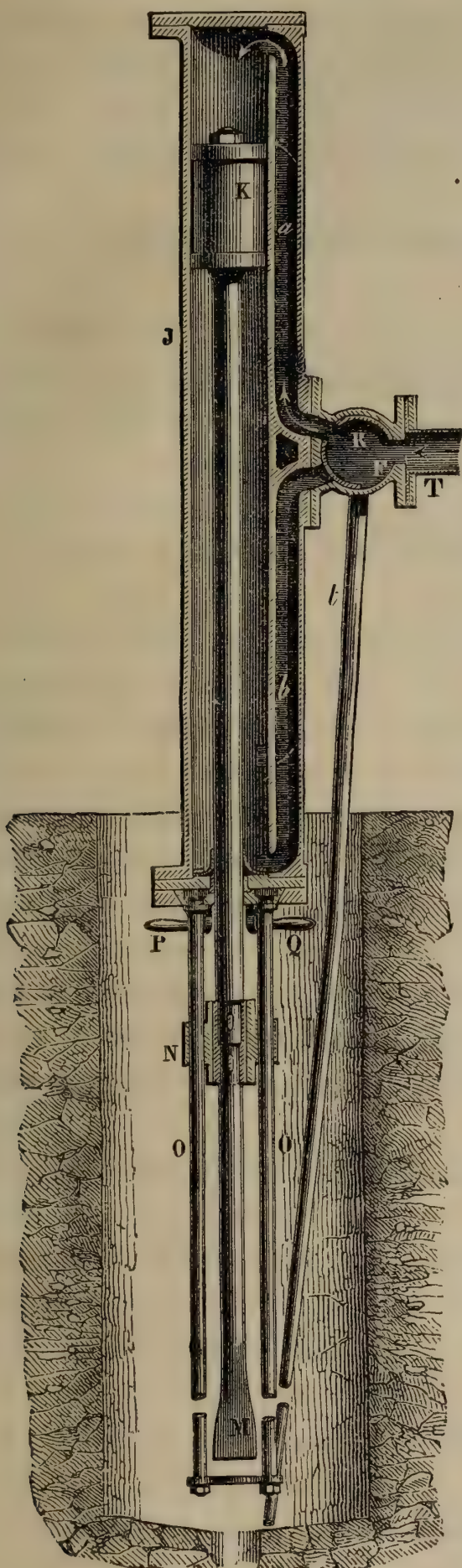


Fig. 1.

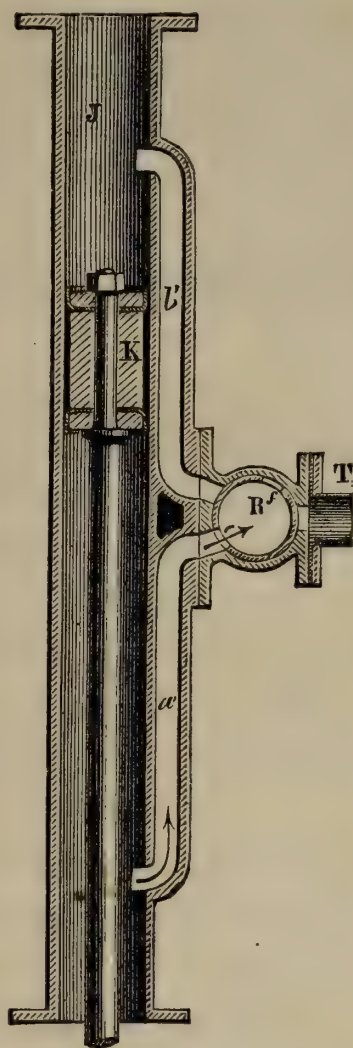


Fig. 2.

La figure 2 est une seconde coupe longitudinale, passant par l'axe du cylindre et par le milieu des conduits d'échappement.

La figure 3, d'autre part, est une vue de face extérieure, du côté des orifices d'entrée de l'air et des conduits d'échappement.

Enfin la figure 4 est une section horizontale faite par l'axe du distributeur.

J est le cylindre où se meut le piston K, qui porte une tige à laquelle est fixé le burin M.

L'assemblage se fait dans le manchon N, qui guide la course du burin, en glissant sur des tringles O O.

En saisissant les deux tringles O O solidaires du plateau Q, on peut faire tourner le piston et l'outil, afin que celui-ci puisse frapper la roche, avec son arête tranchante, en des points différents.

Voici maintenant comment le mouvement de va-et-vient est imprimé au piston, c'est-à-dire comment se fait la distribution :

Le cylindre a quatre lumières, dont deux sont destinées à l'introduction de l'air comprimé ou de la vapeur, tandis que les deux autres servent à l'échappement. Lorsque l'air

arrive du réservoir sur la face antérieure du piston, la partie cylindrique

postérieure est mise en communication avec l'atmosphère, et réciproquement. Mais, pour que ce piston ne vienne pas frapper avec violence les extrémités

du cylindre, les ouvertures de l'échappement en sont placées à quelque distance, de telle sorte qu'il reste toujours un matelas d'air qui amortit le choc du piston ou plutôt qui le détruit.

Ainsi on voit que les tuyaux d'introduction sont tout à fait distincts des conduits d'échappement.

Lorsque l'air comprimé arrive par la conduite d'introduction *a*, la conduite *a'* d'échappement est ouverte. Au contraire, lorsque *b* est ouvert d'un côté du piston, l'échappement *b'* laisse l'air s'échapper dans l'atmosphère.

Cette distribution s'opère au moyen d'un robinet *R* à plusieurs ouvertures, renfermé dans un boisseau conique qui se boulonne sur le cylindre.

L'orifice d'introduction *d* du robinet étant mis en communication avec le magasin de force *T*, suivant qu'on tourne ce robinet dans un sens ou dans l'autre, l'orifice *c* est mis en communication successive avec *a* ou avec *b*.

Dans le premier cas, l'ouverture *e* est en communication avec la conduite d'échappement *a'*; dans le second cas, c'est l'ouverture *f* qui est en communication avec *b'*. L'air s'échappe par le côté du robinet opposé à la manivelle.

A la sortie du robinet, qui pourrait être, au besoin, remplacé par un tiroir, une certaine quantité d'air est dirigée

au moyen d'un tube *t* vers le trou de l'outil, de manière à le dégager des débris qu'il produit lui-même.

On voit donc que c'est l'ouvrier qui manœuvre en personne la manivelle du robinet.

M. Cavé remarque déjà que, si l'on marche par l'air comprimé, on pourra enlever les gaz nuisibles qui se développent par l'éclat de la mine; que ces gaz seront chassés par l'air qui s'échappera à une pression supérieure à celle qu'ils possèdent.

L'outil de M. Cavé est portatif, mais il se fixe sur un chariot mobile ou se pose sur un tréteau; c'est ainsi que l'ouvrier peut manœuvrer d'une main le robinet qui fait jouer le piston et diriger de l'autre le fleuret ou le ciseau.

La figure 5 montre l'appareil disposé pour le percement d'une galerie en roche dure.

Fig. 3.

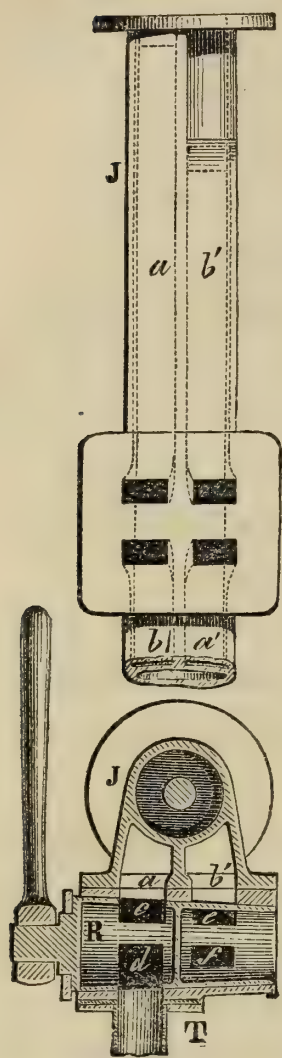


Fig. 4.

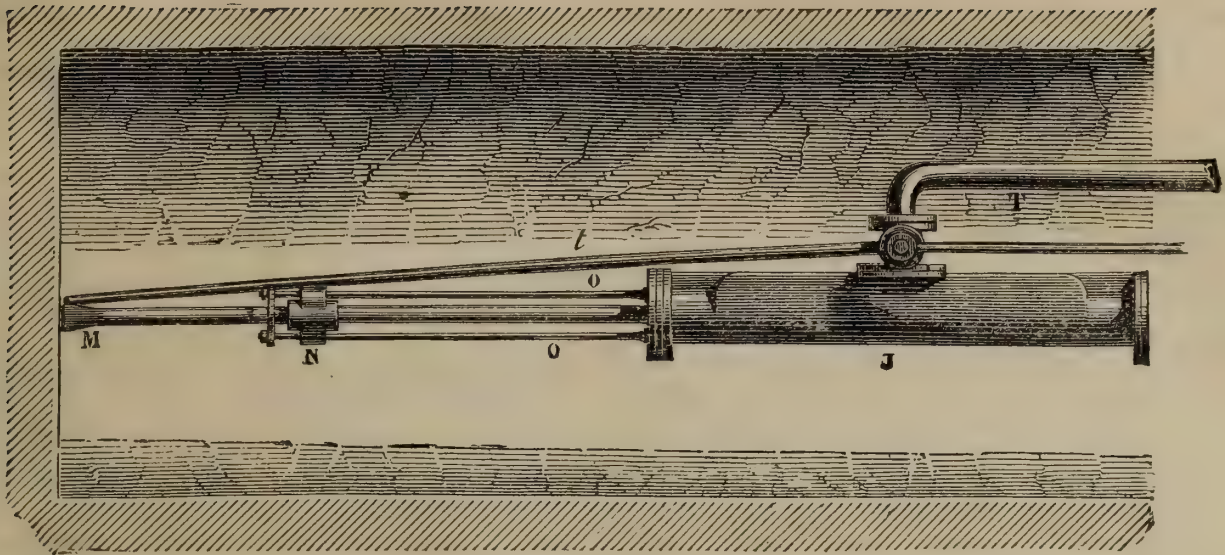


Fig. 5.

Vous avez déjà apprécié, Messieurs, les points de ressemblance qui existent entre l'outil de M. Cavé et celui de M. Sommelier. Le but à atteindre est le même, mais il convient de signaler les points de dissemblance qui sont nombreux.

Dans le mouvement de va-et-vient du piston, l'action est égale à la réaction dans l'outil ancien que nous venons de décrire, ou du moins la force qui ramène le piston ne pourrait différer de la force qui frappe que par des différences dans les ouvertures à l'introduction. Il n'en est pas ainsi dans l'outil du mont Cenis; la force qui frappe est le résultat de la différence de deux surfaces dont l'une peut varier à volonté, car on est maître de donner à la tige de l'outil tel ou tel diamètre.

M. Cavé n'a pas songé à faire manœuvrer le robinet d'introduction par une marche aussi irrégulière que celle d'un piston en contact indirect avec des rochers de dureté variable, et il a eu raison; mais le mouvement imprimé par l'ouvrier à la manivelle est fatigant et relativement assez lent. A Bardonnèche ou à Modane, le mouvement imprimé aux tiroirs est donné par une petite machine à air indépendante, et le piston peut frapper environ 200 coups à la minute.

Le mouvement de rotation du fleuret s'opère chez l'un par la main de l'ouvrier; chez l'autre le mouvement est régulier, et il s'opère par la rotation d'un arbre moteur dépendant de la petite machine.

La main de l'ouvrier a une grande part encore dans la mise en action du perforateur de M. Cavé, et naturellement il le pousse en avant à mesure que le trou de mine s'approfondit. Vous n'avez pas oublié cet ingénieux mécanisme de la machine de M. Sommelier, qui fait avancer l'outil de l'épaisseur d'un pas de vis avant que le fleuret n'en vienne à frapper dans le vide.

Nous ne pousserons pas plus loin cette comparaison : probablement M. Sommelier, dans l'invention de son perforateur si perfectionné, n'a pas eu connaissance des essais de M. Cavé, et cependant, en étudiant l'outil de notre illustre confrère, on ne peut s'empêcher de reconnaître combien il est près de la solution complète, et l'on éprouve le sentiment intime que, si l'outil s'exécute, il atteindra bientôt ces perfectionnements que nous admirons dans le mécanisme de l'ingénieur italien.

Nous nous plaisons, Messieurs, dans ces rapprochements, dans ces comparaisons planant au-dessus des rivalités jalouses qui se révèlent quelquefois devant nous. Chacun a sa part dans les ingénieuses dispositions dont nous avons présenté les côtés les plus saillants, et, si les plus anciennes n'ont pas atteint les perfectionnements des plus modernes, on peut assurer que c'est faute d'avoir trouvé les occasions de la mise en œuvre.

Permettez-nous, en terminant, Messieurs, de vous dire un mot des travaux du mont Cenis. Ma communication a déjà six mois de date, et je dois dire que beaucoup de mes camarades de métier qui ont bien voulu la lire se sont récriés sur mon optimisme et sur des espérances de succès que j'annonçais comme réalité.

Ces critiques, appuyées sur les bruits alarmants répandus parmi beaucoup d'ingénieurs, m'ont jeté dans un certain trouble. On parlait d'aérages décidément insuffisants, de la fumée des mines envahissant les galeries et n'en pouvant sortir, et on allait jusqu'à prononcer les mots de découragement et d'abandon.

Des renseignements précis, puisés aux sources authentiques du service de contrôle, nous ont rendu notre confiance. Les travaux se poursuivent paisiblement dans des conditions analogues à celle dont nous avons rendu compte. A Modane, les outils perforateurs fonctionnent, après quelques perturbations dans le service, tout aussi bien qu'à Bardonnèche, et mieux, relativement, parce que la roche y est plus dure. Sans doute, une pareille entreprise ne s'achèvera pas sans accidents, sans interruptions momentanées, sans l'addition de machines à enlever l'air vicié des galeries ; mais rien, jusqu'ici, ne fait supposer que les époques présumées de l'achèvement puissent être dépassées. Il n'y a donc pas, aujourd'hui, d'incidents nouveaux à signaler dans la marche des travaux du souterrain des Alpes.

SALUBRITÉ.

NOTE SUR L'ASSAINISSEMENT DE LA FABRICATION DU SULFURE DE CARBONE,
PAR M. PAYEN.

A l'occasion de la réclamation de priorité adressée à la Société par M. Deiss, dans la séance du 21 octobre 1863 (1), M. Payen s'est informé, auprès de cet habile manufacturier, de l'état actuel et des récents progrès de la préparation et des importantes applications du sulfure de carbone.

Il a particulièrement remarqué le procédé très-simple employé par M. Deiss pour prévenir le dégagement de l'hydrogène sulfuré, dont l'odeur infecte est la principale cause des plaintes souvent exprimées par les habitants dans le voisinage de ces usines.

M. Deiss est parvenu à supprimer cet inconvénient et l'insalubrité qui pouvait en résulter en dirigeant les gaz incondensables échappés du réfrigérant, non plus à l'air libre, comme on le faisait naguère, mais dans des caisses analogues aux anciens épurateurs du gaz d'éclairage.

L'acide sulfhydrique, en filtrant d'une façon méthodique au travers de plusieurs couches de chaux hydratée, est absorbé complètement ; on renouvelle l'hydrate de chaux lorsqu'il est saturé. La dépense de cette épuration est peu considérable ; M. Payen exprime l'avis qu'elle pourrait sans doute être annulée, si l'on substituait à la chaux le sesquioxyde de fer hydraté que l'on allégerait à l'aide de la sciure de bois, afin de faciliter le passage du gaz. Les produits de cette épuration consisteraient en eau et soufre ; celui-ci s'accumulerait dans les résidus, et l'on pourrait l'extraire au bout d'un certain temps par le sulfure de carbone. On comprend que la révivification de l'oxyde serait très-facile en le faisant traverser par un courant d'air aboutissant à un foyer où se brûleraient quelques traces de sulfure de carbone, la plus grande partie de celui-ci ayant été préalablement extrait par une simple distillation à la température de 100° au plus. Ce système économique de désinfection, analogue à celui qui se pratique dans les usines à gaz d'éclairage, serait plus facile et plus efficace, car on n'éprouverait pas les difficultés qui résultent, dans les épurations de ces dernières usines, de la présence des divers carbures d'hydrogène du goudron accompagnant les produits goudronneux, et présentant eux-mêmes une odeur infecte que l'oxyde de fer n'enlève pas.

(1) Voir *Bulletin* d'octobre 1863, p. 638.

CHIMIE APPLIQUÉE AUX BEAUX-ARTS.

MÉMOIRE SUR LES VITRAUX PEINTS, PAR M. E. CHEVREUL. (*Extrait.*)*Distinction des diverses sortes de verre qui entrent dans la confection des vitraux colorés.*

On peut, dit l'auteur, distinguer jusqu'à trois sortes de verre dont on fait usage dans la fabrication des vitraux colorés, destinés principalement à la décoration des églises dites gothiques :

1° Du verre blanc ordinaire ou incolore.

2° Du verre blanc dont une face seulement est colorée. Le verre rouge de protoxyde de cuivre est toujours dans ce cas ; car le verre coloré par cet oxyde est tellement foncé que, vu en masse, il paraît noir. De là dérive la nécessité, pour avoir un verre transparent de couleur rouge, de plonger une canne de verrier dans un pot de verre incolore et de la plonger ensuite dans un pot de verre rouge. En soufflant le verre, on obtient un manchon de verre incolore, recouvert d'une couche de verre rouge d'autant plus mince que la proportion du verre incolore au verre rouge est plus forte à égalité d'épaisseur de l'ensemble des deux verres. Il est évident que ce procédé est applicable à des verres d'une couleur quelconque.

3° Du verre coloré en toute sa masse ; tels sont les verres bruns, bleus, pourpres, jaunes, orangés, verts et leurs nuances.

On peut peindre sur les trois sortes de verre, et, si l'on veut se rendre compte des effets, il faut distinguer la face interne du verre qui voit l'intérieur de l'église d'avec la face externe qui voit le dehors.

Face interne. C'est sur elle qu'on dessine le trait et qu'on applique l'ombre que l'on peut monter jusqu'au noir.

Face externe. Par exception on peint une ombre sur la face externe, quand on juge nécessaire d'augmenter la vigueur de l'ombre de la face interne.

On doit mettre les *couleurs unies*, c'est-à-dire celles qui ne sont pas ombrées sur la face externe, à savoir : le jaune, les carnations (oxyde de fer sanguin), le vert, le bleu, le pourpre.

Le pourpre et les carnations sont exclusivement appliqués à la face externe.

Le vert, le bleu et le pourpre, qu'on appelle émaux, s'appliquent quelquefois sur la face interne.

Au XVII^e siècle, on a fréquemment employé, dans les petits sujets et dans les bordures de fenêtres, les verres dits émaillés. Ces verres sont blancs ou incolores. On les peint avec un émail coloré en *bleu* par le cobalt, en *vert* par le cuivre brûlé, en *pourpre* par le manganèse.

L'émail est mêlé, avant d'être appliqué sur le verre, avec une composition appelée *fondant*, *roquette*, *rocaille*, que l'on prépare avec un sable siliceux ou des cailloux incolores, du minerai de plomb et du nitre ; c'est donc un silicate de potasse et de plomb, une sorte de *cristal*.

Examen de deux sortes de matières retirées mécaniquement de vitraux peints.

M. Chevreul a extrait mécaniquement deux matières différentes des vitraux peints de l'église Saint-Gervais de Paris : une *matière grumelée*, fortement adhérente au verre et une autre matière également adhérente, formant une sorte d'*enduit* à la surface externe des vitraux. La face interne est salie par une matière bien moins abondante que ne l'est l'*enduit* de la face externe.

Après avoir soumis ces matières à des analyses délicates, il en tire les conclusions suivantes :

1° La matière grumelée n'était autre chose que du *vieux mastic* de vitrier formé d'*huile siccative* et de *craie*.

2° L'*enduit* était formé de sulfate de chaux, de sous-carbonate de chaux, d'un sel calcaire dont l'acide est organique, de chlorure de sodium, d'un sel ammoniacal, d'une matière azotée et sulfurée d'origine organique, insoluble dans l'alcool, d'une matière grasse d'origine organique, d'une matière très-carburée, sorte de noir de fumée, d'argile ferrugineuse et de silice sableuse.

Cet *enduit* peut avoir deux origines : il peut provenir des matières enlevées aux murs par les eaux pluviales qui viennent ensuite à mouiller les vitraux, et au mastic employé par le vitrier ; ou bien il peut être dû aux vents entraînant des poussières.

Indubitablement les matières organiques, la matière très-carburée ressemblant à du noir de fumée, le chlorure de sodium, l'argile, la silice sableuse ont cette origine ; il est probable qu'il en est ainsi de la plus grande partie, au moins, du sulfate de chaux.

D'après les observations qu'il a pu faire, M. Chevreul ne croit pas que la totalité de la *matière grasse de l'enduit* provienne du mastic ; il pense, au contraire, que la majeure partie provenait de l'atmosphère. Enfin il ajoute que, dans plusieurs essais, il a reconnu que le chlorure de sodium était accompagné d'une matière qui développe une couleur violette, du moins sous l'influence de la lumière, avec l'azotate d'argent.

M. Chevreul a répété les mêmes expériences sur des *enduits* provenant des vitraux peints des cathédrales de Chartres et de Bourges, et il est arrivé à des résultats sinon identiques, du moins analogues aux précédents, avec cette remarque que la proportion du sous-carbonate de chaux au sulfate de chaux était notablement plus forte dans ce cas que dans celui des vitraux de Saint-Gervais.

Procédé pour nettoyer les vitraux peints dont le temps a altéré la transparence par des dépôts produits sur la surface du verre.

Voici la série des opérations indiquées par M. Chevreul pour enlever la matière des dépôts qui recouvrent les vitraux peints.

On les lave à grande eau, puis on les tient plongés dans de l'eau de sous-carbonate de soude marquant 9 degrés à l'aréomètre de Baumé, pendant le temps nécessaire pour que l'enduit soit mouillé ainsi que la surface du verre qu'il recouvre ; ce temps peut varier de 5 à 12 jours. On lave de nouveau à grande eau et on plonge les verres dans de l'acide chlorhydrique à 4 degrés ; enfin on lave une troisième fois à grande eau. Tel est le traitement qui a suffi aux vitraux de Saint-Gervais.

Dans le cas où des vitraux présenteraient des parties dont l'enduit n'aurait pas été enlevé, on pourrait frotter ces parties avec de la poudre de brique tamisée, simplement mouillée ou imprégnée d'acide chlorhydrique à 4 degrés. Enfin, dans le cas où on serait pressé d'opérer un nettoyage en quelques heures, on pourrait aider l'action de l'eau, celle du sous-carbonate de soude ou de l'acide chlorhydrique à 4 degrés, de l'action mécanique d'un couteau de corne et, en outre, de celle de la poussière de brique.

L'auteur ajoute qu'il ne saurait trop recommander, aux personnes qui voudraient recourir au procédé qui précède, de l'essayer sur une pièce insignifiante des vitraux à nettoyer, afin de s'assurer que les opérations auxquelles ils seraient ensuite soumis n'auraient aucune fâcheuse conséquence.

De quelques opinions relatives aux vitraux peints.

M. Chevreul regarde comme une nécessité, pour le bel effet des vitraux peints, que les pièces qui les composent soient de petite dimension et encadrées dans du plomb. A son sens, on s'est grandement trompé quand on a cru perfectionner les vitraux peints des grandes églises et surtout ceux de la nef en augmentant l'étendue des pièces de verre et en diminuant ainsi l'étendue du plomb servant d'encadrement, sous le prétexte de s'approcher davantage des effets de la peinture. La raison qu'il en donne, c'est que, dans le cas où les bandes de plomb sont employées pour délimiter les surfaces colorées, *la vision est distincte*, tandis que, dans celui où les verres sont seulement juxtaposés, *la vision est confuse*. Il est entendu, ajoute-t-il, que cette observation ne s'applique qu'aux vitraux des grandes églises, et que, pour des chapelles, des oratoires, des *vitraux suisses* peuvent être d'un bel effet. Au reste, un des mérites de l'artiste verrier est de savoir calculer les effets des vitraux d'après la distance à laquelle ils doivent apparaître au spectateur.

Une autre cause qui, d'après l'auteur, diminue encore le bon effet des vitraux peints, c'est celle qui provient, dans l'éclairage d'une église, de l'emploi simultané des lumières colorées dues aux vitraux peints, et des lumières plus vives, incolores ou faiblement colorées, provenant de vitraux incolores placés dans la même région. M. Regnault partage complètement cette manière de voir, et regarde comme une nécessité, pour le bel effet des vitraux colorés, que la lumière transmise dans les lieux qu'ils éclairent y pénètre à l'exclusion de toute lumière blanche.

Une dernière considération sur laquelle M. Chevreul appelle l'attention, c'est que, parmi les qualités attribuées aux vitraux anciens et refusées aux vitraux modernes, il

en est deux qui proviennent des défauts de la fabrication des verres anciens.

Le premier défaut tient à ce que beaucoup de verres anciens sont d'inégale épaisseur, en d'autres termes, que leurs deux surfaces ne sont pas parallèles, qu'elles présentent des parties convexes et des parties concaves qui agissent tout différemment sur la lumière, de manière à produire, en définitive, des effets agréables.

Le second défaut est chimique. Il tient à la composition du verre ancien même qui n'est point équivalente à du verre incolore, plus un principe colorant (protoxyde de cobalt, sesquioxyde de manganèse, etc.) ; le verre ancien contient beaucoup d'oxyde de fer intermédiaire qui le colore en vert, indépendamment des oxydes de cobalt, de manganèse, etc., et c'est à cette existence du fer qu'il faut attribuer la propriété qu'ont certains verres anciens colorés par du cobalt de transmettre une couleur bleue dépouillée de violet, et certains verres anciens colorés par le manganèse, de transmettre une couleur fort différente de la couleur donnée par l'oxyde de ce métal pur à un verre incolore.

De beaux effets de verres anciens tiennent donc à des défauts de fabrication, et sur ce point encore M. Regnault est du même avis que M. Chevreul, car, dans un rapport, inédit, il a proposé à l'autorité supérieure 1° de fabriquer les verres destinés aux vitraux, non plus par le soufflage, mais par le coulage, afin d'éviter l'effet monotone, sur la lumière, des surfaces planes ; 2° de mêler différentes matières étrangères aux verres pour en diminuer la transparence. Ces projets, malheureusement, n'ont pu encore être réalisés.

(M.)

BIOGRAPHIE.

ÉLOGE DE M. DE SENARMONT, PAR M. J. BERTRAND,

membre de l'Institut (1).

M. de Senarmont appartenait, depuis un an à peine, au Conseil de la Société d'encouragement, qui s'honore de l'avoir compté parmi ses membres.

Nous reproduisons l'éloge prononcé par M. Bertrand dans la séance annuelle de la Société des amis des sciences. Les lecteurs du *Bulletin* y trouveront l'expression des regrets universels qu'a fait naître parmi nous, comme parmi tous ceux qui ont eu le

(1) Lu le 16 avril 1853, à la séance annuelle de la Société des amis des sciences.

bonheur d'être en relation avec lui, la mort prématurée de cet homme aussi distingué par les qualités du cœur qu'éminent dans la science.

« M. de Senarmont n'aimait pas les louanges; il a voulu que la muette douleur de ses amis accompagnât seule son cercueil, et l'Académie des sciences, pour obéir à ses dernières volontés, s'est refusé la consolation suprême de leur dire ce qu'il avait fait pour elle et ce qu'elle aurait eu le droit d'en attendre encore.

« A Dieu ne plaise, Messieurs, que je vienne, au milieu d'un deuil qui dure encore, éluder la loi qu'il nous a imposée, et le louer seulement pour le louer. Il est trop haut placé dans l'estime de tous pour que ma voix puisse essayer de le grandir. Nous ne pouvons rien pour lui, mais, si je ne reste pas trop au-dessous de la tâche qui m'est confiée, sa mémoire peut encore nous servir. Il peut nous être profitable à tous de jeter un regard sur une vie de travail et de vertu, que les meilleurs d'entre nous pourraient accepter comme modèle, et, s'il était nécessaire de stimuler votre dévouement pour une œuvre déjà grande par ses résultats, l'exemple des hommes de bien comme Thénard, Geoffroy-Saint-Hilaire, de Senarmont et Moquin-Tandon, qui ont mis tant d'ardeur à la fonder, tant de zèle à la servir, tant d'activité à en partager la direction, vous affermira dans la pensée que nous sommes dans la bonne voie et que c'est un devoir d'y appeler avec nous les hommes de bonne volonté, que l'on trouve toujours nombreux, lorsqu'on veut bien les chercher.

« La famille de M. de Senarmont occupe une place des plus honorables dans les fastes guerriers de la France.

« Alexandre-François Hureau de Senarmont, le grand-père de notre confrère, était fils d'un capitaine d'infanterie, chevalier de Saint-Louis, tué au siège de Spire en 1755. Un de ses arrière-grands-oncles était mort, frappé de sept coups de feu, à la bataille de Cassano, en 1709; un autre arrière-grand-oncle avait péri de même au siège d'Albi, en 1697.

« Alexandre-François Hureau de Senarmont, officier d'artillerie distingué, faisait partie de ces bandes trop peu nombreuses qui, sous les ordres de Suffren et du marquis de Bussy, aidèrent Hyder-Haly, sultan de Mysore, et son fils, Tippe-Saëb, dans leur résistance aux envahissements des Anglais. Le 13 juin 1783, il commandait l'artillerie sous les murs de Gondelour, et sa conduite, dit le rapport officiel adressé au roi, fut au-dessus de tout éloge. Dans ces luttes héroïques, mais rendues inutiles par l'imprévoyance du gouvernement français, Senarmont acquit la réputation méritée d'un excellent officier d'artillerie; mais cette réputation a pâli devant celle de son fils aîné, Alexandre-Antoine Hureau de Senarmont.

« Alexandre-Antoine combattit glorieusement à Fleurus, où il commandait l'artillerie du corps de Kléber. A Austerlitz, il défendit, avec dix-huit bouches à feu, la position importante de Santon; il prit part aux batailles d'Iéna, de Golymin, d'Eylau, de Madrid, d'Uclez, de Medellin et de Talavera; il contribua de la manière la plus brillante à la victoire de Friedland; les historiens militaires s'accordent à admirer l'emploi au-

dacieux, et tout à fait nouveau, qu'il y sut faire des grandes masses d'artillerie, et Napoléon lui dut peut être la première idée des redoutables batteries de Wagram et de Lutzen.

« Il fut tué devant Cadix, le 25 octobre 1810, à l'âge de quarante et un ans.

« Son jeune frère fut le père de M. de Senarmont. Fidèle aux traditions de sa famille, il servit d'abord dans l'artillerie; mais, après avoir brillamment débuté, il se maria jeune et se retira du service pour consacrer sa vie à l'éducation de ses enfants. C'est par lui et sous les yeux de sa mère que notre confrère fut élevé. Leurs exemples et leurs conseils contribuèrent à développer chez lui les excellentes qualités morales qui semblent avoir été héréditaires dans sa famille. M. de Senarmont eut le bonheur de conserver sa mère jusque dans ces dernières années; il aimait à dire que c'est à elle surtout qu'il ressemblait par son caractère et par la tournure de son esprit.

« L'enfance de M. de Senarmont se passa à Dreux. Il y atteignit l'âge de 14 ans; puis il fut envoyé à Paris, au collège Rollin, où il fit avec succès ses classes de quatrième et de troisième. Il obtint même un accessit de thème latin au concours général, mais l'année suivante il quitta le collège.

« Déjà sûr de lui-même, il désira vivre seul et libre à Paris, en suivant comme externe les cours du collège Charlemagne, pour se préparer à l'Ecole polytechnique. Connaissant sa fermeté et sa précoce raison, son père accepta ce plan, devant les dangers duquel beaucoup d'autres auraient reculé; il s'en trouva bien; la préparation si laborieuse pour la plupart des jeunes gens parut des plus faciles à l'esprit pénétrant de Senarmont. Il eut des loisirs, et en profita pour varier ses études et compléter son éducation littéraire. Il entra à l'Ecole polytechnique en 1826, à l'âge de dix-huit ans.

« Une maladie assez longue l'ayant forcé à y passer trois années, il appartint à deux promotions différentes et eut successivement pour maîtres Ampère et Cauchy. Il admira leurs leçons, dont il comprit toute la profondeur; ni l'un ni l'autre pourtant n'étaient réputés habiles dans l'art d'enseigner; mais qu'importe? si quelques mots de trop, ou hors de leur place peuvent enlever tout le prix d'une pensée fine ou gracieuse, une vérité scientifique a sa valeur propre, absolue, indépendante de la forme sous laquelle on l'énonce, et la parole inégale et sans suite d'Ampère faisait naître dans l'esprit d'un auditeur d'élite des lueurs plus vives et plus durables que l'exposition méthodique et irréprochable du plus éloquent professeur.

« Senarmont, dont la parole pénétrante et animée fut depuis si bien appréciée dans la même enceinte, resta toujours convaincu que les hommes supérieurs sont les professeurs les plus utiles aux élèves, et il regarda comme un devoir dans les conseils de l'Ecole d'appeler à nous les plus grands noms de la science en tenant tout le reste pour accessoire.

« En sortant de l'Ecole polytechnique, il entra à l'Ecole des mines, dont les cours duraient alors trois années; mais les élèves avaient la faculté de subir les examens en deux ans; Senarmont en usa et sortit le premier. Précisément à la même époque, on décida qu'à l'avenir tous les élèves passeraient trois ans à l'école; cette décision eut un effet rétroactif, et Senarmont perdit le bénéfice de son succès.

« Avant de devenir ingénieurs, les élèves de l'Ecole complètent par un voyage d'exploration industrielle leur éducation encore un peu théorique. Chaque année, des compagnons du même âge, préparés par de fortes études à bien voir et à tout comprendre, partent deux à deux et vont frapper à la porte des grandes usines de la France et de l'étranger. Grâce au titre officiel dont ils sont fiers de se recommander, on les accueille presque toujours sans défiance; bientôt après, on les retient avec affection en leur laissant parfois pénétrer le mystère des petits secrets, souvent sans valeur, que l'on cache si soigneusement au public.

« Tout dépend pourtant de la bonne volonté des directeurs. Chacun est maître chez soi; pour être admis dans une enceinte soigneusement fermée aux curieux, il faut savoir se faire bien venir, et il est facile de désigner, au moment même du départ, ceux qui se feront ouvrir le plus grand nombre de portes et recueilleront le plus de confidences.

« Le jeune Senarmont avait été élevé dans une famille pleine de distinction; ses manières ouvertes et engageantes montraient déjà, sous l'enjouement de la jeunesse, une raison spirituelle et forte; il devait être au nombre des plus favorisés; son journal de voyages, rempli de détails intéressants, contient, en effet, de riches et précieux matériaux qu'il utilisa plus tard comme ingénieur, et un grand nombre de dessins choisis avec discernement et exécutés avec autant de soin que de goût.

« L'année suivante, on l'envoya en mission temporaire à Rive-de-Gier, puis au Creuzot, où il reçut l'ordre d'aller prendre la direction de la grande et belle usine de Decazeville.

« L'affaire marchait fort mal; le directeur s'était retiré, et la réunion des actionnaires avait demandé au Ministre le concours d'un ingénieur de l'État; on envoya de Senarmont. Quelques mois après, tout était rentré dans la bonne voie, et l'on pria le jeune ingénieur d'accepter définitivement le titre de directeur.

« Il ne fut effrayé ni par le poids des affaires ni par la responsabilité qu'imposent de si graves intérêts. Le savoir ne lui manquait pas, non plus que la vigilance et la résolution. Il avait déjà, pendant des jours difficiles, inspiré à tous confiance et respect. Il était d'ailleurs de ces hommes d'élite qui font tout ce qu'ils veulent faire; mais il prévoyait des embarras, suscités par les membres mêmes du conseil qui devait le seconder. Il croyait savoir que plusieurs d'entre eux désiraient secrètement la ruine de la Compagnie, dans l'espoir de racheter les actions à bas prix. Il refusa la brillante position qui lui était offerte et déclara les motifs de son refus. Il avait alors vingt-six ans.

« M. de Senarmont, pendant toute sa carrière, s'est montré d'ailleurs fort indifférent à l'honneur d'occuper une position élevée. La considération personnelle dont il fut toujours entouré satisfaisait toute son ambition, et, lorsque des amis trop zélés ont désiré l'occasion de fournir à ses talents un théâtre plus étendu ou plus brillant, il a toujours nettement et énergiquement désavoué leurs projets.

« En quittant Decazeville, il fut nommé ingénieur à Angers. C'est là qu'il épousa M^{lle} Louise Feray; il eut le malheur de la perdre après quatre années de bonheur,

dont le souvenir a jeté sur sa vie un voile de tristesse que ses meilleurs amis apercevaient seuls, mais qui l'enveloppa jusqu'à la fin en le déroband au commerce des indifférents.

« La science avait été jusque-là pour lui un utile auxiliaire dans ses travaux d'ingénieur. Décidé à fuir le monde et à se consacrer à l'éducation de son fils unique, il revint à ses anciennes études, distraction sérieuse et élevée qui convenait à son caractère. Dans ses travaux paisibles et solitaires il ne cherchait que le travail ; il y rencontra une réputation durable et méritée qui ne se fit pas attendre.

« Ses premières recherches ont été comme une préparation aux travaux qui l'ont si rapidement conduit à la célébrité. Dans l'impossibilité de tout dire, nous les passerons donc sous silence, malgré leur importance réelle.

« Le premier mémoire qui ait attiré sur lui l'attention du monde savant est relatif aux modifications que la réflexion à la surface des cristaux imprime à la lumière polarisée. Il n'est pas nécessaire d'être physicien pour distinguer trois choses dans un rayon de lumière : la couleur, l'intensité et la direction dans laquelle il se propage. Deux rayons pour lesquels ces trois éléments sont les mêmes sont identiques pour nos yeux ; mais, quoique la vue soit le plus clair et le plus distinct de nos sens, *les véritables yeux du sage sont*, comme dit l'*Ecclésiaste*, *dans sa tête*, et les physiciens, en y regardant de plus près, sont parvenus à établir, suivant les cas, entre ces rayons de même apparence, des différences essentielles. Supposons, par exemple, que deux rayons de même couleur et de même intensité, tombés verticalement du haut de la salle, arrivent en même temps sur cette table ; il peut se faire qu'un même cristal transparent, leur étant présenté, laisse passer l'un et arrête l'autre complètement ; qu'un miroir qui leur serait présenté à tous deux réfléchisse le premier en éteignant le second. Le même cristal et le même miroir, présentés autrement, donneraient des effets inverses et éteindraient le premier rayon en laissant subsister le second. On voit, en effet, un même rayon tombant sur un même miroir, avec lequel il fait constamment le même angle, être réfléchi ou arrêté, suivant que le plan dans lequel il devrait se réfléchir est situé de telle ou telle manière. Le rayon vertical dont nous parlons pourra, par exemple, se réfléchir vers l'est, et sera brusquement éteint dès qu'on cherchera à le renvoyer vers le nord. Il n'a donc pas la même manière d'être par rapport à tous les plans que l'on peut conduire par sa direction ; il est polarisé suivant l'un d'entre eux, perpendiculaire à celui dans lequel il peut se réfléchir. Il se distingue essentiellement de ceux qui, tout en suivant la même direction, seraient polarisés dans un autre plan ou ne le seraient pas du tout.

« Lorsque Malus eut proclamé cette grande découverte, déjà en partie aperçue par Huyghens, on y vit tout d'abord un des faits les plus curieux, mais aussi les plus inexplicables de la science. Un physicien auquel on eût demandé, il y a cinquante ans, qu'est-ce que la polarisation de la lumière, aurait dû, pour être franc, ou seulement prudent, répondre : Je n'en sais absolument rien. Nous sommes plus avancés aujourd'hui, et, grâce au génie de Fresnel, nous connaissons avec certitude la nature du phénomène, ses causes, ses effets et, en partie au moins, ses lois.

« C'est par la réflexion ou par la réfraction, accomplies dans des conditions convenables, qu'un rayon ordinaire acquiert la polarisation, et les physiciens ont dû déterminer par le raisonnement et vérifier par l'expérience les lois suivant lesquelles la polarisation se produit ou se modifie, lors de la réflexion ou de la réfraction d'un rayon par les substances de nature diverse. L'effet d'un miroir ou d'une lame de verre a été complètement étudié par Fresnel. C'est le cas le plus simple. Mais les miroirs métalliques ou cristallins, à opacité métallique, modifient plus profondément le phénomène. Les formules qui leur conviennent sont plus compliquées. C'est cette question, une des plus difficiles et des plus importantes de la physique, que Senarmont aborda dans son premier mémoire. Il y démontra ce fait important, que les substances cristallines douées de l'opacité métallique impriment à la lumière des modifications tout autres que les miroirs homogènes-métalliques.

« Dans un second mémoire sur le même sujet, Senarmont fit connaître un moyen nouveau d'étudier la polarisation nommée elliptique, et démontra plus simplement l'entière analogie des lois de la réflexion à la surface des corps cristallisés opaques et des cristaux transparents; il crut pouvoir en conclure, par une forte induction, que, conformément aux vues de Cauchy, les cristaux opaques réfractent la lumière suivant les mêmes lois que les autres, et sont doués, comme eux, de la double réfraction; la seule différence est que, après avoir pénétré dans leur intérieur, le rayon s'éteint à une petite profondeur sans donner lieu à aucun phénomène apparent. Les physiciens applaudirent au début du jeune ingénieur; ils comprirent que Fresnel comptait un disciple habile et un continuateur de plus.

« M. Senarmont avait révélé, en effet, dans ce premier travail, toutes les qualités nécessaires pour suivre les traces de l'homme illustre qui fut, à ses yeux, le plus grand physicien des temps modernes. Minéralogiste et physicien, comme la plupart de ceux qui suivaient la même voie, Senarmont était, de même que Fresnel, un géomètre très-habile, et ses premiers mémoires en donnent la preuve. C'est là une qualité sans laquelle un physicien peut rarement faire produire à ses propres pensées tous les fruits dont elles sont capables; mais la géométrie ne doit être, pour lui, qu'un puissant auxiliaire; quand elle a poussé les principes à leurs dernières conséquences, il lui est impossible de faire davantage, et l'incertitude du point de départ ne peut que s'accroître par l'aveugle logique de l'analyse, si l'expérience ne vient, à chaque pas, servir de boussole et de règle. Senarmont, de même que Fresnel, ne l'a jamais oublié, et l'alliance, si rare, de la théorie la plus élevée avec les expériences les plus exactes donne à ses travaux sur l'optique un cachet tout particulier.

« Après avoir brillamment débuté dans l'optique, il aborda la théorie de la chaleur, pour laquelle ses connaissances acquises et ses premiers travaux devaient lui prêter un précieux concours.

« Il étudia la propagation de la chaleur à l'intérieur des corps cristallisés. C'est un problème tellement important, que l'on comprend à peine qu'il ait été si longtemps laissé à l'écart, car la question se pose, pour ainsi dire, d'elle-même.

« Le mode d'expérimentation adopté par Senarmont est des plus simples.

« Une plaque du cristal à étudier est percée par un trou central dans lequel une tige métallique pénètre à frottement, puis se recourbe à quelque distance de manière à recevoir l'action d'un foyer de chaleur qui peut la porter au rouge. La chaleur transmise par la tige au centre de la plaque se propage en tous sens, et, pour constater la rapidité inégale d'échauffement dans les diverses directions, Senarmont la recouvre de cire vierge, qui entre en fusion dès qu'elle atteint une certaine température; la partie fondue s'étend à mesure que la chaleur se propage, et fait connaître, par sa forme, l'ensemble des points qui ont atteint en même temps une même température. Si le corps était homogène, la propagation étant égale dans tous les sens, la courbe limite de la cire fondue serait un cercle; dans le cas d'une plaque cristallisée, elle prend, en général, une forme elliptique à axes plus ou moins inégaux.

« Rien de plus facile que de varier la direction dans laquelle les plaques sont taillées sur un même corps, et de déterminer, pour chacune d'elles, la forme de l'ellipse correspondante et le rapport de ses axes. Mais, pour choisir les directions les plus propres à mettre en évidence la loi des phénomènes et déduire les lois générales de propagation non plus dans une plaque, mais dans un corps indéfini, il fallait à la fois une connaissance approfondie de la cristallographie et l'habitude des raisonnements mathématiques. Rien de tout cela ne manquait à Senarmont. L'Académie approuva pleinement son mémoire, et M. Biot déclarait, en en rendant compte, que le travail de M. de Senarmont, pour être conçu, entrepris et si complètement exécuté, exigeait une réunion rare de connaissances précises en physique générale, en cristallographie et en optique, mises en œuvre par un excellent esprit.

« L'optique, en effet, jouait un rôle important dans l'interprétation des résultats obtenus. Les expériences montrent, dans chaque cristal, l'existence de trois axes de conductibilité calorifique. Contrairement à ce qu'il eût été naturel de croire, ces axes diffèrent, en général, en direction et en grandeur, des axes d'élasticité optique; mais il ne faut pas trop se hâter d'en conclure la preuve sans réplique d'une différence essentielle entre les phénomènes calorifiques et lumineux. Les axes d'élasticité optique varient, en effet, d'une couleur à l'autre, et Senarmont a remarqué qu'il suffirait de supposer la chaleur comparable, non plus aux radiations lumineuses ordinaires, mais à des radiations jouissant des propriétés des rayons rouges encore exagérées, pour que les axes thermiques coïncidassent avec les axes d'élasticité optique. Cette indication, sans être réduite, il faut l'avouer, à la dernière évidence, s'accorde parfaitement avec ce que l'on savait déjà sur la chaleur obscure. De Senarmont indique lui-même ce qui resterait à faire pour décider la question; c'est un beau problème qu'il a légué aux jeunes physiciens; ils ajouteront, s'ils parviennent à le résoudre, à l'honneur d'avoir éclairci un point important de la science, la satisfaction d'inscrire leurs noms à côté de celui de Senarmont.

« Son travail sur les propriétés optiques des corps isomorphes fut présenté, peu de temps après, à l'Académie. Pour essayer d'en faire comprendre le but et la portée, il est nécessaire, peut-être, de remonter un peu plus haut, en indiquant, en peu de paroles, le sens précis du mot *isomorphisme* et l'importance de l'idée qui s'y attache.

« Le caractère fondamental de l'espèce, qui, dans les plantes et les animaux, est tiré de la reproduction, manque complètement dans les minéraux. C'est là, pour les minéralogistes, une difficulté qui a longtemps retardé les progrès de la science. La composition chimique fournit, il est vrai, une base précise de classification, mais cette composition n'est pas toujours facile à connaître, et aujourd'hui encore on hésite bien souvent sur la manière de grouper les éléments bruts fournis par l'analyse. Les minéralogistes ont, en outre, une répugnance que l'on comprend, à adopter un principe exclusif qui les obligerait, par exemple, à confondre la craie avec les cristaux transparents de spath d'Islande, le charbon avec le diamant. Tout en accordant à la composition chimique une importance prépondérante, une classification réellement naturelle doit faire nécessairement intervenir les propriétés physiques des corps.

« La plus importante est la forme cristalline, dont Haüy a prouvé l'invariabilité réelle dans une même substance, malgré les accidents qui, pour ceux auxquels on n'a pas livré le secret de ces métamorphoses, enlèvent parfois jusqu'à la plus lointaine ressemblance entre deux échantillons d'un même type.

« Mais l'illustre créateur de la cristallographie, non content d'avoir rattaché à une forme primitive invariable tous les cristaux d'une même substance, prétendait encore que chaque substance a une forme qui lui est propre, et que, en dehors de certains cas limites qu'il signale, elle ne la partage avec aucune autre. Malheureusement il n'en est pas ainsi; en dehors même des cas signalés par Haüy, bien des substances sont isomorphes, c'est-à-dire qu'elles ont même forme, sans avoir la même composition, et qu'elles sont susceptibles de se réunir en toute proportion, sans que cette forme soit changée. Mitscherlich, le premier, mit cette vérité en lumière; Haüy aurait pu l'accepter sans démentir sa grande découverte et sans en désavouer une seule conséquence. Il lui parut pourtant, quoique très à tort, que la perfection de sa doctrine en était amoindrie; et, tandis que les partisans des idées nouvelles exagéraient peut-être les analogies, il s'efforça, sans beaucoup de succès, d'en diminuer l'importance et d'en contester l'exactitude. Lui montrait-on un cristal où le fer, la magnésie et le manganèse unis avec la chaux à de l'acide carbonique laissaient subsister exactement la forme du carbonate de chaux, qu'il connaissait si bien, il prétendait que les trois autres bases étaient là en petites proportions, à l'état de mélange et non de combinaison, que le cristal était simplement un carbonate de chaux impur, dans lequel le fer, le manganèse et la magnésie ne contribuaient pas à saturer l'acide carbonique, et, si les chimistes affirmaient le contraire, c'est qu'ils se trompaient dans leur analyse. Mitscherlich accumula les preuves et multiplia en vain les exemples; Haüy mourut en 1822, sans avoir changé ses convictions.

« Lorsque Senarmont s'occupa de la question, elle n'était plus sur le même terrain. Les lois de l'isomorphisme étaient incontestées et classiques. Tous les savants admettaient que des éléments doués des mêmes affinités chimiques, unis dans les mêmes proportions, doivent par cela même donner naissance à des composés de forme semblable. Mais on peut malheureusement s'égarer par des voies complètement opposées. Après avoir contesté les relations entre la composition chimique et la forme géomé-

trique, on alla à l'autre extrémité, et de la similitude de l'enveloppe on se crut en droit de conclure à une constitution intérieure absolument identique. Il y a cependant, au point de vue même de la structure, des différences essentielles entre les corps isomorphes, et l'isomorphisme s'accorde avec certaines dissemblances d'organisation dont on ne peut espérer trouver les traces que dans l'étude des propriétés les plus immédiatement dépendantes de l'arrangement et de la configuration précise des éléments.

« Les plus importantes et les plus nettes étant les propriétés optiques, Senarmont fut conduit naturellement à l'étude des propriétés optiques des corps isomorphes. Il a prouvé que des corps isomorphes géométriquement et chimiquement présentent souvent des propriétés optiques très-différentes, et, lorsque des sels sont unis par cristallisation en rapports divers, ils modifient leurs propriétés opposées par une sorte de concession réciproque en formant des cristaux mixtes doués de propriétés intermédiaires. Ces expériences ont une grande importance; elles fournissent en quelque sorte la démonstration synthétique des causes qui peuvent produire l'inconstance extrême des propriétés optiques dans certaines familles de minéraux. On peut citer, par exemple, les topazes et surtout les micas où l'écartement des axes optiques varie de zéro jusqu'à 70 degrés. Ces variations sont liées, sans aucun doute, à des modifications dans la composition chimique, et dont la confirmation expérimentale offrirait aux chimistes un sujet de travail intéressant, nécessaire même, on peut le dire, à la minéralogie.

« Senarmont s'était borné jusque-là à combler très-habilement des lacunes qu'un esprit judicieux ne pouvait manquer d'apercevoir en étudiant les théories physiques. Le mémoire sur la fabrication artificielle des minéraux a une portée plus élevée et doit exercer une plus grande et plus durable influence.

« Un vieux conte de fées parle d'une princesse qui, enfermée dans un château, finit par découvrir une ouverture aux hautes murailles qui l'entourent. Elle veut en profiter pour jeter au moins un coup d'œil au dehors, mais une toile d'araignée lui barre le passage, il faut la soulever; une seconde toile est derrière la première, puis une troisième, et la pauvre princesse, après avoir épuisé ses forces sans trouver la dernière, comprend que le château est enchanté, et qu'il faut renoncer à une entreprise impossible. Si les géologues enfermés sur cette terre et cherchant l'origine des roches et des minéraux qui la composent croyaient pouvoir remonter aux premiers principes, ils ressembleraient à la princesse du vieux conte; lorsqu'ils ont prouvé, par exemple, que le marbre a été produit par de la craie fortement chauffée sous une haute pression, ils se demanderont d'où est venue cette craie: elle a été déposée au fond d'un lac par l'action d'une atmosphère riche en acide carbonique sur les sels de chaux qu'il contenait. Mais on demandera alors d'où venaient ces sels de chaux, d'où venait cet acide carbonique; et l'on est engagé, chacun le comprend, dans une voie qui ne peut se terminer.

« Eh bien! qu'importe? et pourquoi n'y pas marcher avec ardeur, puisque, sans révéler d'insondables mystères, chaque pas peut néanmoins satisfaire en partie la

curiosité bornée d'un homme raisonnable ? Si la route est belle à parcourir, qu'importe qu'elle soit sans issue ? Et, si elle est d'un accès difficile, n'est-ce pas une raison pour priser plus haut encore l'habileté de ceux qui y font les premiers pas ? Personne avant Senarmont n'en avait su faire de si assurés et en si grand nombre. Personne surtout ne s'était astreint à imiter aussi fidèlement dans les opérations de laboratoire les réactions présumées de la nature.

« Senarmont n'était, par goût, ni géologue observateur ni chimiste praticien ; mais, comme ingénieur, il avait fait d'excellentes cartes géologiques ; comme ancien élève de Berthier au laboratoire de l'Ecole des mines, il savait manier les méthodes les plus délicates de l'analyse minérale ; il n'en fallait pas davantage pour mener à bien le grand travail qui a le plus contribué à faire connaître toute la pénétration de son excellent esprit.

« Il avait assimilé, dans sa pensée, les filons, ou crevasses de forme irrégulière existant dans la continuité des roches, à des tubes remplis autrefois par des eaux minérales et soumis par l'action de la terre, et à cause de leur profondeur, à une température élevée et à une pression considérable. Guidé par cette idée préconçue, il prend un tube de verre, le remplit d'eaux analogues aux eaux minérales, auxquelles il joint les éléments d'incrustation d'un filon, il ferme ensuite le tube, et, en le chauffant à la température de 150 à 300 degrés, il obtient la plupart des matières cristallisées qui, dans la nature, se rencontrent dans les filons. Le quartz, les oxysels, les sulfures, les carbonates métalliques sont ainsi préparés, avec une perfection de forme admirable, et sont identiques aux produits naturels.

« Les cristaux ont, il est vrai, des dimensions microscopiques, mais le volume est ici peu important, et, pour obtenir davantage, il ne faudrait que l'espace, le repos, et surtout le temps, instrument puissant que l'homme ne peut se donner et qui n'appartient qu'à la nature.

« Cet usage d'un tube de verre fermé et chauffé dans lequel on fait réagir les matières avait été entrevu par James Hall et par Haindinger, mais à Senarmont revient l'honneur de l'avoir transformé en un instrument de laboratoire, dont les chimistes ont su tirer depuis un parti merveilleux ; il peut être considéré comme le créateur de la méthode dont ses expériences ont tant généralisé l'usage.

« Comme il se défiait de son habileté pratique en chimie, Senarmont, consciencieux jusqu'au scrupule, a accumulé dans son mémoire un nombre inusité de vérifications et de preuves. Aucune des substances qu'il a obtenues n'est admise par lui que sur le témoignage de deux ou trois analyses concordantes. Il y joint les démonstrations tirées de la forme cristalline et des propriétés optiques, et la réunion de ces diverses méthodes qui, par leur accord, le conduisent à la certitude, font de son travail un modèle de logique et de rigueur scientifique.

« Tels étaient, avec quelques autres de non moindre importance, les titres scientifiques de Senarmont lorsque Beudant mourut en 1851 ; ils auraient suffi à justifier, aux yeux de tous, sa nomination à la place devenue vacante dans la section de minéralogie de l'Académie des sciences, si depuis longtemps l'opinion publique n'avait

désigné, pour la remplir, un autre ingénieur d'un rare talent, sorti, comme lui, des premiers rangs de l'Ecole polytechnique, remarqué, comme lui, pour l'élévation de ses vues et la variété de ses connaissances et qui, comme lui enfin, bon, loyal et aimé de tous, avait réussi à montrer beaucoup de mérite sans se faire un seul ennemi.

« Bien des raisons militaient en faveur d'Ebelmen ; il était, quoique plus jeune, plus anciennement connu dans la science. Ses recherches théoriques le plaçaient au premier rang des chimistes contemporains, et ses études persévérantes sur les gaz des hauts fourneaux avaient préparé et guidé une importante révolution métallurgique.

« L'Académie hésitait entre ces deux talents de premier ordre, qu'elle comptait déjà tous deux au nombre de ses illustrations à venir. Qui aurait pu croire, en effet, en les voyant jeunes, actifs, pleins de vie, qu'elle devait perdre l'un si rapidement, sans avoir jamais possédé l'autre ?

« Senarmont fut nommé par vingt-neuf voix contre vingt-cinq données à son concurrent. Trois mois après, nous suivions le convoi d'Ebelmen ; on déplora sur sa tombe, en termes éloquents, cette carrière si belle et si rapidement brisée ; bien des paroles émues furent échangées par les amis qui venaient de le perdre ; on rappela sa récente candidature, on le plaignit d'avoir rencontré un concurrent tel que Senarmont, mais à ce moment suprême, si peu fait cependant pour la stricte équité, on ne parla pas d'injustice.

« Les membres de l'Académie, qui, chaque jour, pouvaient mieux apprécier le mérite de leur nouveau confrère, comprenaient que pour un tel homme les portes doivent s'ouvrir dès que les circonstances le rendent possible ; mais Senarmont, dont la justice courtoise n'avait jamais contesté les titres de son concurrent, regretta sincèrement, dans sa généreuse modestie, une victoire trop chèrement achetée, si elle avait dû attrister les derniers jours d'une vie entourée jusque-là de tous les bonheurs, accoutumée à tous les succès.

« Pendant ces dix dernières années, hélas, si rapidement écoulées, nous avons vu en Senarmont un académicien accompli ; son zèle toujours soutenu, son érudition toujours prête, sa science exacte et profonde, lui donnèrent rapidement une grande influence : il ne l'avait pas désirée, mais il en accepta les charges comme un devoir auquel il ne fit jamais défaut.

« Il avait été nommé successivement membre de la commission des machines à vapeur, professeur de minéralogie et directeur des études à l'École des mines, examinateur de sortie, puis professeur de physique à l'École polytechnique, où il fit presque constamment partie du conseil de perfectionnement. Il était en outre membre du comité de la Société des amis des sciences et a rempli pendant deux ans les fonctions de secrétaire ; il avait enfin remplacé Arago aux *Annales de chimie et de physique*.

« Tant de devoirs sérieusement acceptés n'empêchaient pas Senarmont de suivre avec un intérêt actif tous les progrès de la science ; il visitait les laboratoires, comme dans sa jeunesse il avait visité les usines ; chacun aimait à lui confier ses espérances et à lui soumettre ses projets. Bien souvent son esprit essentiellement pratique, son jugement droit et géométrique y venaient en aide aux plus habiles ; quiconque avait fait

ou projeté une expérience importante s'empressait de la lui communiquer ; sa visite ne se faisait pas attendre. Cette ardeur à voir naître les découvertes l'attirait souvent à l'École normale supérieure. Il aimait cette grande Ecole qui, chargée de former des professeurs, ne croit sa tâche accomplie que quand elle a fait des savants. Il y admirait surtout ces deux hommes éminents, si excellents, si dévoués à la science qui, pour compléter l'enseignement officiel, ouvrent libéralement leur propre laboratoire et admettant les jeunes gens à la confiance de leurs projets, au spectacle de leurs tentatives, leur enseignent pratiquement l'art d'inventer.

« Un jour, dans le laboratoire de M. Henri Deville, il avait suivi avec une curiosité émue la cristallisation si intéressante et si ingénieusement obtenue du silicium ; l'heureux inventeur, courant à son goniomètre, trouve un angle de cristal égal à $71^{\circ} 30'$, et s'écrie plein de joie : — il appartient au système régulier, c'est un *diamant de silicium* ! Senarmont répète la mesure, trouve à peu près le même angle, mais conserve quelques doutes. Il emporte le précieux cristal, et revient le lendemain. — Vous vous êtes trompé, dit-il, c'est un rhomboèdre dont un angle est égal accidentellement à un de ceux du système régulier ; puis il montre des facettes incompatibles avec une cristallisation semblable à celle du diamant. M. Deville s'incline devant une autorité incontestée ; il communique sa découverte à l'Académie des sciences, rend compte de ses premières illusions, et des judicieuses critiques qui l'y ont fait renoncer. A peine le compte rendu est-il imprimé, qu'il voit accourir Senarmont, très-sérieusement mécontent : — Pour qui me prenez-vous ? dit-il ; si je viens dans votre laboratoire, si j'y suis admis à tout voir et à tout manier, croyez-vous que ce soit pour vous imposer un collaborateur et attacher mon nom à vos découvertes ? Je suis très-mécontent que vous m'ayez cité ; si vous recommencez, je ne reviendrai plus. A quelques jours de là, on refait l'expérience ; Senarmont examine les cristaux, il y aperçoit un octaèdre ; le doute n'était plus possible, la nature était prise sur le fait : — Vous aviez raison, dit-il à M. Deville ; mes facettes provenaient du groupement de plusieurs cristaux, j'aurais dû le deviner ; je suis bien aise que vous m'ayez cité, j'ai ce que je mérite, cela fait mon compte. — Vous reconnaissez donc, lui dit M. Deville, que, loyalement, je devais publier l'observation des facettes sous votre nom. — Eh bien oui, répond Senarmont, vous êtes un brave homme... et moi aussi ; et ils s'embrassèrent.

« Je vous retiendrais bien tard, si j'avais voulu recueillir et raconter tous les traits de ce genre dont les amis et disciples de Senarmont ont gardé le souvenir. Sa libéralité scientifique était inépuisable. On comprend que, se donnant ainsi tout à tous et utilisant sans cesse, le plus souvent dans l'intérêt d'autrui, les précieuses facultés de son esprit, il n'ait pas eu le loisir de terminer pour son compte un seul ouvrage de longue haleine, et l'on se tromperait beaucoup en jugeant Senarmont seulement sur ses œuvres imprimées. Il fit cependant à l'Académie plusieurs communications pleines d'intérêt, et surtout d'excellents rapports, qui seront longtemps consultés comme des modèles. Nul n'avait à un plus haut degré le sentiment du grand et du beau dans la science, et il excellait à mettre en relief les travaux de grande importance. L'autorité de son nom ne les servait pas moins que la clarté de son exposition. Il ne craignait

pas cependant de tempérer les éloges par de sages restrictions, et suspendait parfois son jugement sur les points délicats, car il était de ceux qui savent douter et qui ne craignent pas de le dire.

« La confiance qu'il inspirait et l'habitude de toujours compter sur lui, le faisaient parfois désigner pour examiner des travaux dont il ne pouvait juger qu'imparfaitement. Senarmont, toujours sincère et trop réellement savant pour chercher à le paraître, sans vouloir se donner du jour au lendemain une compétence superficielle, laissait alors à des collègues mieux préparés ou moins modestes tout l'honneur, mais aussi toute la responsabilité du travail commun.

« Son travail de prédilection était, dans ces dernières années, la préparation d'une édition complète des œuvres de Fresnel. C'était un monument qu'il voulait élever à la mémoire du grand homme qu'il a tant admiré. Fresnel, en effet, mort à l'âge de trente-neuf ans, a laissé beaucoup à deviner, beaucoup à éclaircir, et, comme d'autres inventeurs de génie, il peut difficilement se passer d'un commentaire. M. le Ministre de l'instruction publique, toujours prêt à seconder les entreprises où s'attache la gloire scientifique du pays, avait voulu que ce grand ouvrage fût publié aux frais de l'État, faisant suite aux œuvres de Laplace, déjà publiées sous la direction de Poinsot, à celles de Lavoisier, si heureusement confiées à M. Dumas, et précédant, dans cette belle collection, les œuvres de Lagrange, dont M. Serret dirigera la publication.

« N'est-on pas heureux, Messieurs, de voir, dans les différentes branches de la science, les hommes les plus éminents de notre époque consacrer une partie de leurs veilles à mettre en lumière les titres immortels de leurs glorieux prédécesseurs ?

« Le dévouement et l'ardeur de bien faire soutinrent Senarmont dans cette tâche jusqu'aux derniers jours de sa vie. Le travail, très-avancé, a trouvé un continuateur digne de l'apprécier. M. Verdet achèvera avec autorité ce que Senarmont avait commencé avec tant d'amour et de zèle.

« La mort si subite, si peu prévue, de notre confrère, laisse parmi nous un vide qui subsistera longtemps. La science, qui s'accroît toujours, profitera de ses travaux, et son œuvre trouvera des continuateurs. Mais qui de nous lui succédera dans le rôle que lui assignaient le respect et la confiance de tous?... C'est vers lui que les regards se tournaient quand il fallait à l'improviste juger de l'exactitude et de la portée d'une idée nouvelle. Sa critique bienveillante et élevée embrassait toutes les sciences ; il n'était étranger à aucune ; aucune œuvre sérieuse ne le laissait indifférent. On attendait son jugement comme un arrêt. Son approbation était un encouragement pour tous, et pour les jeunes gens une précieuse récompense. Il troublait parfois les esprits les plus confiants par sa raison spirituelle et forte et par la perfection de sa logique, mais il n'a jamais compris que l'on prétendît imposer une opinion ou régler la marche des sciences autrement qu'en s'efforçant d'avoir toujours raison, dans une discussion toujours ouverte et toujours libre.

« Notre génération scientifique citera longtemps de Senarmont comme un des hommes les meilleurs, les plus éclairés, les plus ardents au bien, qu'elle ait eu le bonheur de posséder ; et lorsque nous lirons, dans Montaigne, que la science, trop avidement

recherchée, abêtit et émousse l'esprit, lorsque l'autorité tranchante de Bossuet nous affirmera, ce qui serait plus triste encore, que, sous prétexte de nourrir l'intelligence, elle étouffe les bonnes affections, nous penserons à notre bon, aimable et noble confrère, et nous nous répéterons avec confiance que l'étude continuelle des sciences n'émousse pas l'esprit, qu'elle ne dessèche pas le cœur, et que nous en sommes bien sûrs.

NOTICES INDUSTRIELLES.

Des dangers que peut présenter la distillation de la houille avariée par l'eau de mer. — L'industrie gazière de Hollande s'est émue d'un avis donné par le professeur Mulder, d'Utrecht, sur la nature explosive que peuvent acquérir les charbons de terre imprégnés d'eau de mer.

Consulté par les fabricants de gaz d'éclairage sur la question de savoir si la distillation de ces charbons pourrait amener des obstructions et des explosions, M. Mulder a réitéré l'avis qu'il serait dangereux de s'en servir même après qu'ils auraient été parfaitement séchés. Selon lui, c'est à leur emploi qu'il faudrait attribuer l'explosion qui a eu lieu à l'usine à gaz d'Utrecht dans le bâtiment d'épuration.

M. Egeler, de l'*Imperial continental gaz Association*, ainsi que M. l'ingénieur Cohen, directeur des distillations de goudrons néerlandaises, ont été appelés à se prononcer sur cette question, et bien que l'opinion qu'ils ont émise ne soit pas entièrement conforme à celle de M. Mulder, l'industrie du gaz en Hollande ne s'en est pas moins vivement émue. (*Journal de l'Éclairage au gaz.*)

Réorganisation de l'École d'horlogerie de Cluses (Haute-Savoie). — Un décret, en date du 30 novembre 1863, vient, sur la proposition du Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, de réorganiser l'Ecole d'horlogerie de Cluses sur les bases préparées par M. Tresca, sous-directeur du Conservatoire impérial des arts et métiers, envoyé il y a quelque temps en mission à Cluses. Voici les dispositions les plus importantes que renferme ce décret :

1° L'Ecole d'horlogerie de Cluses a pour but : 1° de former des ouvriers pour les diverses parties de la fabrication de la montre ; 2° de procurer l'instruction nécessaire à ceux qui se destinent à devenir *rhabilleurs*, *visiteurs* ou fabricants d'horlogerie.

2° L'Ecole est administrée par un directeur, avec le concours d'un conseil d'administration.

3° L'enseignement de l'Ecole est gratuit ; sa durée normale est de deux années. Cet enseignement est tout à la fois théorique et pratique.

L'enseignement théorique comprend les éléments de l'arithmétique, de la géométrie et de la mécanique. Les élèves sont, en outre, exercés au dessin des pièces détachées de la montre et des outils d'horlogerie.

L'enseignement pratique comprend les méthodes et les opérations propres à donner

aux élèves l'habileté de main nécessaire dans une ou plusieurs des spécialités de la fabrication de la montre.

4° Le nombre des élèves à admettre chaque année est réglé par le Ministre, sur la proposition du directeur et l'avis du conseil d'administration.

5° Il n'est reçu dans l'Ecole que des élèves âgés de plus de douze ans. Les candidats devront : 1° fournir des témoignages de bonne conduite ; 2° faire preuve d'une instruction élémentaire comprenant la lecture, l'écriture, l'orthographe, et les quatre premières règles de l'arithmétique ; 3° produire un certificat de vaccination. Ils doivent, en entrant à l'Ecole, être pourvus d'un certain nombre d'outils déterminés par le règlement intérieur, et verser une somme de 25 francs pour répondre des pertes de matières et des dégâts causés par leur faute.

6° Le régime de l'Ecole est l'externat. Les élèves sont placés par leurs parents chez des correspondants domiciliés dans la commune de Cluses et agréés par l'administration de l'Ecole.

Toutefois, l'administration, à la demande des parents et par des motifs dont elle reste juge, peut se charger de placer les enfants. Dans ce cas, les parents doivent verser, par trimestre et d'avance, une pension annuelle dont le maximum est fixé à 600 francs.

7° Dans aucun cas, les élèves ne peuvent séjourner plus de trois ans à l'Ecole.

8° Un certain nombre de places est réservé, chaque année, pour les ouvriers horlogers qui voudraient se perfectionner dans une ou plusieurs parties de la fabrication de la montre. Ces ouvriers sont reçus par le directeur, qui doit préalablement s'assurer de leur moralité. La durée de leur séjour dans l'Ecole ne pourra excéder six mois.

9° Dans les limites des ressources inscrites annuellement au budget, il peut être accordé aux élèves dont les familles sont dans une position peu aisée, et qui le mériteraient par leur conduite et leur travail, une subvention représentant tout ou partie de leurs frais de logement et de nourriture.

Le même avantage peut être accordé, dans les mêmes conditions, aux ouvriers admis temporairement à l'Ecole. (*Moniteur universel.*) (M.)

SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION.

PROCÈS-VERBAUX.

Séance du 2 décembre 1863.

M. Dumas, Président, occupe le fauteuil.

CORRESPONDANCE. — M. Fleury-Vallat, ingénieur-mécanicien, à Paris, rue du Fer-à-Moulin, 26, appelle l'attention de la Société sur un nouveau système atmosphérique

destiné aux chemins de fer, aux usines et aux bateaux à vapeur. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. *Jules Gaudry*, ingénieur, membre de la Société, rue de Dunkerque, 24, soumet un projet de nouvelle locomotive à grande vitesse. (Renvoi au même comité.)

M. *Meyer*, rue de Marseille, 16, à la Villette, demande à la Société de vouloir bien lui venir en aide pour la seconde annuité de son brevet pour l'application d'un système de tirage refoulant ayant pour but d'utiliser en totalité la chaleur développée par des matières combustibles quelconques. (Renvoi au même comité.)

M. *Fillon*, rue de la Goutte-d'Or, 46, remercie la Société de l'annuité qui lui a été accordée pour son brevet et demande l'examen des perfectionnements qu'il a apportés dans les métiers à tisser. (Renvoi au même comité.)

M. *Barbon*, à Chelles (Seine-et-Marne), soumet un nouveau système de préparation du chanvre et du lin sans rouissage. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

M. *Hurbin Dusseu*, rue des Amandiers-Popincourt, 40, demande que la Société lui vienne en aide pour prendre un brevet d'invention pour son nouveau procédé de fabrication des allumettes chimiques. (Renvoi au même comité.)

M. *Monnier*, membre de la Société, rue Folie-Méricourt, 50, soumet au Conseil les nouveaux perfectionnements qu'il a apportés à ses becs à gaz, déjà récompensés, en 1860, d'une médaille d'argent par la Société. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Masbon*, rue Saint-Sauveur, 81, appelle l'attention du Conseil sur des échelles mécaniques et sur un appareil de sûreté contre l'incendie. (Renvoi au même comité.)

Parmi les pièces imprimées de la correspondance, MM. les secrétaires signalent :

1° Un arrêté de M. le maire de Bayonne concernant une exposition internationale franco-espagnole, agricole, industrielle et artistique qui s'ouvrira, le 1^{er} juillet 1864, sous le patronage de l'Empereur.

2° Une brochure sur l'*Organisation du travail artistique en France*, par M. *Théodore Labourieu*. Edit., *Dentu*, à Paris.

3° Une brochure concernant une œuvre prenant le titre de *Bibliothèque et cours populaires de Guebwiller*.

Après la lecture de la correspondance, M. *Trébuchet*, agent de la Société, obtient la parole et s'exprime de la manière suivante :

« Monsieur le Président, Messieurs et chers anciens collègues,

« Permettez-moi de vous remercier de la bienveillance avec laquelle vous avez accueilli ma candidature, de vous dire combien j'ai été touché des nombreux témoignages d'intérêt et d'affection que j'ai reçus en cette circonstance : j'en conserverai un précieux souvenir.

« Je ne me dissimule pas, du reste, les difficultés de la tâche qui m'est imposée, elles sont nombreuses; mais je compte beaucoup, pour les surmonter, sur les conseils et la direction des hommes éminents qui forment votre bureau, sur votre concours et sur votre appui. De mon côté je mettrai, croyez-le bien, au service de la Société,

tout ce que je peux avoir d'énergie dans la volonté, tout ce que j'ai acquis d'expérience dans les affaires administratives et industrielles.

« C'est ainsi que j'espère élever les fonctions que vous m'avez fait l'honneur de me confier, à la hauteur de cette belle institution, qui compte soixante-deux ans d'existence consacrés à la prospérité de notre industrie.

« La Société d'encouragement a pu éprouver bien des fluctuations dans sa marche, elle a pu ressentir le contre-coup des événements politiques et des changements de principes dans quelques-unes des plus graves questions de l'économie politique; mais ces épreuves ne lui ont rien ôté de sa force et de sa puissance, et j'ajouterai de sa popularité, car sa cause a toujours été celle de l'industrie française.

« Ayons donc confiance, Messieurs, dans l'avenir d'une Société dont le passé brille d'un si vif éclat, et qui compte dans son sein tant d'hommes éminents dans la science et dans l'industrie.

« Permettez-moi, Messieurs, en terminant, de payer un tribut de regret à mon honorable prédécesseur, M. Delacroix. Nous avons tous pu apprécier ce qu'il y avait chez lui d'aménité, d'obligeance poussée à ses dernières limites, de patience infatigable, de droiture. Je n'ai pas la pensée de vous faire oublier cet excellent homme, pas plus que je ne l'oublierai moi-même; mais je tâcherai, du moins en ce qui concerne les qualités du cœur, de marcher sur ses traces. »

M. le Président, après avoir rappelé les services rendus par M. *Trébuchet* comme chef des affaires sanitaires et industrielles à la Préfecture de police, et comme membre du Conseil d'Hygiène publique, propose, et le Conseil approuve, l'insertion, au procès-verbal, des paroles qu'il vient de prononcer.

COMMUNICATIONS. — M. *de Luynes*, membre du Conseil, donne des explications sur la machine à diviser de M. *Bourbouse*. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. le comte *du Moncel*, membre du Conseil, présente :

1° Un robinet d'un nouveau système inventé par M. *Vilbœuf*;

2° Divers systèmes de cheminées pour appartements, inventés par M. *Greffin*, demeurant à Mauvieux (canton de Ryes), arrondissement de Bayeux (Calvados). — (Ces deux communications sont renvoyées au comité des arts économiques.)

M. l'abbé *Moigno* donne des explications sur un fourneau d'apprêteur inventé par M. *de Pindray*, et fait ressortir les propriétés hygiéniques de ce nouvel appareil. (Renvoi au même comité.)

M. l'abbé *Moigno* donne également des explications sur le gazo-lampe de M. *Mille*, appareil permettant de brûler l'huile de pétrole comme le gaz ordinaire, au moyen d'une disposition qui favorise le mélange de l'air avec l'huile dans les proportions les plus favorables à l'éclairage. (Renvoi au même comité.)

M. *Ruban*, constructeur, rue Popincourt, 101, appelle l'attention de la Société sur l'appareil évaporateur de son invention applicable aux sucreries, aux fabriques d'huiles minérales, au cylindrage des étoffes, et en général à toutes les opérations industrielles qui ont besoin d'évaporation. (Renvoi au même comité.)

M. *Chatelain*, membre de la Société, rue Saint-Laurent, 89 (Belleville), donne des

explications sur l'Ecole qu'il a fondée pour les brasseurs, dans le but d'arriver à la fabrication de toute espèce de bières et au perfectionnement de cette industrie; il prie M. le Président de vouloir bien charger une commission de venir examiner les résultats obtenus dans son établissement. (Renvoi au comité d'agriculture.)

NOMINATION DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — M. *Sandras*, ancien recteur d'académie. Le Conseil se forme en comité secret.

Séance du 16 décembre 1863.

M. *Dumas*, Président, occupe le fauteuil.

CORRESPONDANCE. — M. *Émile Nourrigat*, propriétaire-éducateur à Lunel (Hérault), adresse un mémoire imprimé, ayant pour titre : AVANTAGES DE LA CULTURE DU MURIER SAUVAGE A GRANDES FEUILLES SUR CELLE DU MURIER GREFFÉ, *et de l'heureuse influence que sa feuille, donnée en aliment aux vers à soie, exerce au double point de vue hygiénique et économique sur la constitution de l'insecte et sur la qualité de ses produits.* (Renvoi au comité d'agriculture.)

MM. *Baral* et *Millevoye*, propriétaires-gérants du *Journal des inventeurs*, rue du Faubourg-Saint-Martin, 39, proposent d'être officieusement l'organe de la Société et d'ouvrir gratuitement les colonnes de leur journal à tous les inventeurs qu'elle patronnerait. (Renvoi à la commission du *Bulletin*.)

M. *Masbon*, rue Saint-Sauveur, 81, adresse la description et les dessins des échelles mécaniques et d'un appareil de sûreté contre l'incendie, sur lesquels il avait appelé l'attention du Conseil dans la dernière séance. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Tailfer*, rue Saint-Étienne, 9 (Paris-Batignolles), sollicite l'examen de machines balayeuses de son invention, qu'il croit de nature à simplifier les opérations si longues et si incomplètes du balayage des rues. Il serait heureux qu'une commission voulût bien venir voir fonctionner ses machines dans ses ateliers. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. *Fleury-Vallat*, ingénieur-mécanicien, rue du Fer-à-Moulin, 26, dépose plusieurs pièces explicatives du système atmosphérique qu'il a présenté dans la séance précédente. (Renvoi au même comité.)

M. *Laviron*, ingénieur civil, rue Pigalle, 11, soumet au Conseil un nouveau système de cheminée, dit *foyer-siphon*, pouvant s'établir dans l'intérieur des cheminées sans rien déranger à leurs dispositions extérieures. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Martin*, mécanicien, rue Popincourt, 101, appelle l'attention du Conseil sur un nouveau système de waggons à terrassements, destiné aux travaux de construction des chemins de fer ou à leur entretien et offrant l'avantage de se vider d'eux-mêmes d'un côté quelconque de la voie. Il demande à la Société de lui venir en aide pour la seconde annuité de son brevet d'invention. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. *Dien*, rue de la Tombe-Issoire, 39, dépose le modèle et la description de supports

en fer, fixateurs de lambourdes, supprimant les solives et chaînes, et procurant par là un allègement aux planchers. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Risbourg*, mécanicien, soumet à l'appréciation du Conseil, par l'intermédiaire de M. Armengaud aîné, les perfectionnements qu'il a apportés aux timbres ou cachets tournants et s'encrant seuls. (Renvoi au même comité.)

Parmi les pièces imprimées de la correspondance, MM. les secrétaires signalent,

1° Un ouvrage intitulé, *la Vigne, leçons familières sur la gelée et l'oïdium*, par M. *Basset*;

2° Un *Mémoire sur un nouveau système de frein destiné à pouvoir maîtriser les trains roulant sur les chemins de fer*, par J. B. *Constant*;

3° Une brochure ayant pour titre, *Observations sur les expériences de M. Guillemin*, par M. E. *Gounelle*.

Après le dépouillement de la correspondance, M. Dumas communique au Conseil une lettre par laquelle M. le Président du conseil d'administration de la Compagnie générale des omnibus demande que cette compagnie, représentée par le président de son conseil, soit inscrite sur la liste des membres de la Société. Le Conseil vote à l'unanimité, et par exception aux formalités d'usage, l'admission de cette compagnie.

NÉCROLOGIE. — M. le Président annonce la mort de M. Christofle, l'un des membres du Conseil les plus utiles, les plus dévoués, et qui honorait le plus l'industrie française. M. Dumas rappelle les services rendus par M. Christofle; la part considérable qu'il a prise dans la création de l'industrie qui a pour base les procédés galvaniques; son dévouement aux artistes et aux ouvriers attachés à son industrie; la fondation qu'il a faite en faveur des inventeurs qui ne peuvent payer leur brevet; et enfin, son active coopération à toutes les œuvres de bien intéressant les classes ouvrières. M. Dumas propose de transmettre à la famille de M. Christofle l'expression des regrets de la Société. Cette proposition est approuvée à l'unanimité, avec les vives sympathies du Conseil.

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du comité des arts économiques, M. Herpin fait un rapport verbal sur un lavoir de ménage présenté par M. Deleschamps, et pouvant servir à la fois de cuvier, de baignoire pour les enfants et de table de travail. Ce jeune inventeur, fils d'un pharmacien distingué, a paru digne d'intérêt au comité qui propose de lui adresser une lettre de remerciement pour sa communication. (Adoption des conclusions.)

COMMUNICATIONS. — M. Lourmand, membre de la Société, fait hommage d'une nouvelle édition de sa *Théorie du système métrique*. Il prie le Conseil de vouloir bien nommer une commission pour faire examiner son ouvrage. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. l'abbé *Moigno* donne de nouvelles explications sur l'éclairage de M. Mille, et en fait, dans la salle même des séances, une nouvelle application sur un lustre à plusieurs branches. (Renvoi au comité des arts économiques.)

NOMINATION DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — M. Cheron, mécanicien-expert.

Le Conseil se forme en comité secret.

Séance du 30 décembre 1863.

Présidence de M. *Dumas*.

CORRESPONDANCE. — M. *Mothes*, mécanicien à Bordeaux, adresse à la Société une demande de secours. (Renvoi à la commission des fonds.)

M. *Jasseau*, capitaine au long cours, à Bordeaux, soumet à l'appréciation de la Société un mémoire sur la signalétique universelle ou art de suppléer à la voix par signes pour les communications à distances. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Luneau*, rue du Four-Saint-Honoré, 2 et 4, appelle l'attention du Conseil sur une presse à copier les lettres, munie d'un nouveau système de pression. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. *Lion*, rue Antoinette, n° 1, à Montmartre-Paris, met sous les yeux du Conseil plusieurs échantillons de substances alimentaires dont la conservation est obtenue par l'emploi de la vapeur surchauffée. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Magneval*, chimiste, rue des Vieux-Augustins, 21, prie le Conseil de vouloir bien faire examiner ses procédés de préparation d'une encre spéciale pour laquelle il a pris un brevet. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

MM. *Vuadel* et comp., impasse de la Pompe, 13, sollicitent l'examen de réflecteurs en porcelaine pour les appareils d'éclairage au gaz. (Renvoi au comité des arts économiques.)

MM. *Bourrel* et comp., rue Auboin, 20, à Clichy, appellent l'attention du Conseil sur des tissus imperméables, dont l'usage a été adopté par l'Administration de l'assistance publique et des hôpitaux militaires. (Renvoi au même comité.)

M. *Fumet-Dejort*, rue Blanche, 69, fait connaître au Conseil qu'il a découvert un procédé simple et économique de conservation des bois, consistant dans leur immersion prolongée dans une dissolution de chlorure de sodium marquant 20 à 25° au pèse-sel. Il désirerait qu'une commission fût chargée de suivre ses expériences. (Renvoi au comité des arts chimiques.)

M. *Suireau*, rue Ménilmontant, 39, présente à l'examen du Conseil une pompe aspirante et foulante, pouvant être utilisée pour l'arrosage des jardins et le lavage des cours, etc. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. *Despaquis*, à Robert-Espagne, arrondissement de Bar-le-Duc, rappelle à la Société qu'il a eu l'honneur de lui soumettre des pierres lithographiques, à l'occasion d'un concours ouvert à ce sujet; il renouvelle aujourd'hui sa présentation et prie le Conseil de vouloir bien faire examiner les produits d'une carrière voisine d'une qualité exactement semblable. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Dama-Antoine*, chef d'atelier en soierie, rue Colbert, n° 1, à Lyon, soumet le dessin et la description d'un système économique pour la mécanique d'armure employée dans le tissage des étoffes de soie. (Renvoi au comité des arts mécaniques.)

M. *Arnaud*, fabricant de serrurerie à Saint-Bonnet-le-Château (Loire), présente un nouveau système de gâches à coulisses mobiles pour serrures. (Renvoi au même comité.)

M. *André Hermann*, rue Sainte-Anne, 67, dépose le dessin et la description d'un appareil télégraphique destiné à faire arrêter instantanément un métier à tisser lorsqu'un fil vient à se rompre. (Renvoi au comité des arts économiques.)

BIBLIOGRAPHIE. — *Statistique et documents relatifs au sénatus-consulte sur la propriété arabe*, 1863, 1 vol. in-8°. Paris, Imprimerie Impériale.

Tableau de la situation des établissements français dans l'Algérie, 1861, 1 vol. in-4°. Paris, Imprimerie Impériale.

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du comité des arts mécaniques, M. *Combes* lit un rapport sur des appareils au moyen desquels on peut pénétrer et séjourner dans des lieux infectés de gaz méphitiques, présentés par M. *Galibert*. (Insertion au *Bulletin* avec dessin sur bois.)

A propos du mode de conservation du caoutchouc vulcanisé employé par M. *Galibert* pour les tuyaux de son appareil, M. *Peligot*, l'un des secrétaires, fait part de ses doutes sur la conservation du caoutchouc vulcanisé dans l'eau, surtout lorsque l'immersion n'est qu'intermittente, comme dans le cas dont il s'agit. Il croit qu'il serait préférable d'employer le caoutchouc ordinaire.

M. *Froment*, qui a fourni les renseignements donnés par M. *Combes*, répond que la substance se conserve mieux dans l'eau qu'à l'air, et que son opinion est fondée sur des expériences nombreuses et de longue durée.

M. *Gaultier de Claubry* partage ce dernier avis, en faisant néanmoins la restriction qu'il faut éviter le contact alternatif du caoutchouc avec l'eau et l'air, auquel cas il se détériore facilement.

M. *Combes* fait observer que son rapport n'a rien d'affirmatif. Il s'est borné à signaler le principe, qu'il croit nouveau, sur lequel repose l'appareil, et il demande une série d'expériences qui pourront seules fixer sur les résultats qu'on peut en attendre.

M. *Jacquelain* ajoute que le soufre, dans les alternatives de température auxquelles il est soumis, éprouve des changements d'état moléculaire qui amènent le percement du caoutchouc auquel il est combiné. Les tuyaux doivent donc avoir une épaisseur convenable, et dans cet état ils peuvent se conserver longtemps.

Au nom du même comité, M. *Combes* lit un second rapport sur des perfectionnements apportés à l'injecteur *Giffard* par M. *Turck*, ingénieur aux chemins de fer de l'Ouest. (Adoption du rapport et insertion dans le *Bulletin*, avec dessins, du rapport et du mémoire détaillé adressé par l'auteur.)

Au nom du comité des arts chimiques, M. *Barral* donne lecture d'un rapport sur une presse pour la défécation des écumes de sucreries, présentée par MM. *Belin* et *Jeannez*. (Adoption et insertion du rapport au *Bulletin*, avec dessin.)

COMMUNICATIONS. — M. *Jasseau*, capitaine au long cours, donne des explications sur sa méthode de signalétique universelle ou art de suppléer à la voix par signes

pour les communications à distance. (Renvoi au comité des arts économiques.)

M. *Artur*, docteur ès sciences, communique à la Société les moyens dont il dit avoir usé très-efficacement pour la destruction des charançons dans les greniers à blé, et consistant dans le blanchiment à la chaux du plancher supérieur et l'étendage, sur la partie du plancher libre, de bottes de foin déliées récoltées à la Saint-Jean, et d'autres bottes provenant de la deuxième coupe battue pour en obtenir la graine. (Renvoi au comité d'agriculture.)



LISTE

DES NOUVEAUX MEMBRES FRANÇAIS ET ÉTRANGERS ADMIS EN 1863

A FAIRE PARTIE DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

MM.

Belhomme, fabricant de bougies stéariques, à Landerneau.

Caron, libraire, à Amiens.

Chazereau, pharmacien, à Aubigny.

Chéron, mécanicien-expert, manufacturier.

Clare Saint-Allais, ancien imprimeur, à Caussade, près Montauban (Tarn-et-Garonne).

Cloëz, répétiteur à l'École impériale polytechnique.

Fauler, membre de la chambre de commerce de Paris.

Fergusson, fabricant de dentelles, à Amiens.

Galibert, ingénieur civil, à Paris.

Gautron, constructeur-mécanicien, à Paris.

Guérin-Méneville, membre de la Société impériale et centrale d'agriculture.

Grasset-d'Orcet, de la mission phénicienne de Syrie.

Griffon, teinturier, à Sèvres (Seine-et-Oise).

Laune, négociant, à Barcelone (Espagne).

Lavollée, administrateur de la compagnie générale des omnibus de Paris.

Leclert, ingénieur des constructions navales, professeur à l'École impériale du génie maritime.

Le Neve Foster, secrétaire de la Société des arts de Londres.

Lefour (Aristide), inspecteur général de l'agriculture.

Levy (Louis), banquier, à Oran (Algérie).

Meric, négociant, à Madrid (Espagne).

Piette (M^{me} v^e Louis), directrice du journal *le Fabricant de papiers*.

Roche, ingénieur-mécanicien, à Paris.

Sallette, constructeur-mécanicien, à Marseille.

Sandras, ancien recteur d'académie.

Thierry-Mieg (Charles), secrétaire de la Société industrielle de Mulhouse.

Tourniaire, fabricant de produits chimiques, à Paris.

Tricas, distillateur, à Paris.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES NOMS DES AUTEURS MENTIONNÉS

DANS LA SOIXANTE-DEUXIÈME ANNÉE DU BULLETIN.

A.

- Alcan.* Rapport sur le nouveau procédé de tissage de MM. *Hebert* et *Voisin*, 257 (pl. 271).
- Du jute et des autres matières végétales, indigènes et exotiques, 397.
- Alexander* (*Edwin P.*). Sur le développement extraordinaire qu'a pris en Amérique la fabrication des machines à coudre, 314.
- Amenc* (*Léon*). Appareil de graissage, 185.
- Armengaud* (aîné). Traité des moteurs hydrauliques et des moteurs à vapeur, 525.
- Armstrong* (*W.*). Son opinion sur la fabrication des plaques de blindage pour navire, 179.
- Arnaud.* Système de gâche à coulisse pour serrures, 741.
- Artur.* Procédé pour la destruction des charançons, 742.
- Audoynaud.* Application des émaux sur verre, 445.
- Le blé et le pain ; liberté de la boulangerie, etc., 574.
- Barrault* (*Émile*). Sur le droit des inventeurs, 256.
- Barse* (*Jules*). Sur l'application de l'alfa ou sparte dans la fabrication du papier, 289.
- Basset* (*N.*). Guide pratique de chimie agricole, 639.
- La vigne ; leçons familières sur la gelée et l'oïdium, 739.
- Battig* (*Antoine*) et *Kæstli*. Système de voie de chemins de fer, dans lequel le bois n'entre pas, 636.
- Baude.* De la traversée des Alpes à Modane et autres lieux, 98 (pl. 265, 266 et dessins sur bois).
- Sur le foyer fumivore de M. *Tenbrinck*, employé sur le chemin de fer de l'Est, et sur les modifications apportées par M. *Bonnet* à cet appareil, 538 (pl. 280).
- Note sur l'appareil automoteur de M. *Cavé* pour forer les trous de mines par percussion, 712 (dessins sur bois).
- Baudin.* Machine à fabriquer les chevilles en bois, 189.
- Bazalgette.* Projet de quais pour la Tamise, 436.
- Bazet.* Machine à travailler le verre soufflé, 62, 190.
- Beau.* Machine à débiter les voliges, 639.
- Belin* et *Jeannez.* Méthode pour extraire les jus sucrés contenus dans les résidus de défécation, 190.
- Bellenot* (*Émile*). Appareil pour la destruction des insectes, 700.
- Benoît.* Rapport sur l'arithmétique théorique, pratique et mentale de M. *Grandemange*, 395.
- Guide du meunier et du constructeur de moulins, 446.

B.

- Barca.* Appareil de chauffage, 320.
- Barbon.* Préparation du chanvre et du lin sans rouissage, 736.
- Barbusse* (*E.*). Mémoire sur la maladie des vers à soie, 701.
- Barral.* Situation de l'industrie des eaux gazeuses en France, 434.

- Rapport sur une disposition particulière de la règle à calcul, ou échelle logarithmique imaginée par M. *Péreaux*, 513.
- Rapport sur les traités des moteurs hydrauliques et des moteurs à vapeur de M. *Armengaud aîné*, 525.
- Rapport sur une boîte de compas de M. *Royer*, 588.
- Note sur une règle à calcul spéciale destinée aux ingénieurs et combinée par M. *Delamorière*, 656.
- Berlet (E.) et L. Bricout*. Appareil pour la carburation du gaz d'éclairage, 189.
- Berthelot*. Sa découverte de l'acétylène dans le gaz d'éclairage, 232.
- Bertrand (J.)*. Éloge de M. de *Senarmont*, prononcé dans la séance annuelle de la Société des amis des sciences, 721.
- Bianchi (P.)*. De la production du soufre en Italie, 311.
- Blanquart-Evrard*. Sur l'intervention de l'art dans la photographie, 572.
- Boesch (J. B.)*. Système de pétrin, 320.
- Boland*. Réclamation de priorité au sujet du pétrin de M. *Gondolo*, 185.
- Bombes-Devilliers et Dalemagne*. Communication relative à la fabrication des allumettes chimiques dites *androgynes*, 253.
- Bonnet*. Modifications au foyer fumivore de M. *Tenbrinck*, 538 (pl. 280).
- Bosc (Von) et A. Matthiessen*. Sur les alliages de plomb et de zinc, 440.
- Boulanger*. Système de fermeture pour les boîtes à lait, 385 (dessin sur bois).
- Bouquié*. Système de touage sur les canaux à écluses, 450.
- Bourgeois*. Rapport sur l'ouvrage de M. *Rose Charmeux*, intitulé : *De la culture du chasselas à Thomery*, 269.
- Bourrel et comp.* Tissus imperméables, 740.
- Bowditch*. Emploi de la chaux hydratée à haute température pour purifier le gaz d'éclairage, 231.
- Breart (E.)*. Manuel du gréement et de la manœuvre, 639.
- Brescius (E.)*. Sur les moyens d'empêcher les incrustations dans les chaudières à vapeur, 567.
- Bricout (L.) et E. Berlet*. Appareil pour la carburation du gaz d'éclairage, 189.
- Brodie*. Sur la désagrégation du graphite, 247.
- Brossard-Vidal (M^{lle})*. Ébullioscope centésimal, 516 (pl. 279).
- Brown (John)*. Sur la fabrication des rails en acier et des plaques de blindage pour navires, 179.
- Bruneaux et Somsou*. Système de tire-bouchons, 638.

C.

- Cabieu*. Mode de jonction de tuyaux pour les irrigations, 145.
- Callebaut*. Fondation d'un prix pour la couture mécanique, 573.
- Calvert (C.) et Richard Johnson*. De l'action de l'acide sulfurique sur le plomb, 303.
- Carmien*. Compas à tracer les ellipses, 187.
- Caron (H.)*. Études sur l'acier, 219.
- Des effets produits par l'introduction des métaux du wolfram dans la fabrication du bronze, de la fonte et de l'acier, 491.
- De l'influence du flux sur la composition des fontes manganésifères, 695.
- Carré*. Appareil ayant pour objet la production du froid artificiel, 32 (pl. 262 et 263).
- Cartier (A. de)*. Fabrication d'un enduit à base de fer dit *minium de fer*, 708.
- Cauderon (Émile)*. Système de comptabilité au moyen de fiches mobiles, 700.
- Cavaillé-Coll*. Soufflerie de précision pour les orgues, 186.
- Cavé*. Appareil automoteur pour forer les trous de mines par percussion, 712 (dessins sur bois).
- Chambon-Lacroisade*. Appareils pour chauffer les instruments nécessaires à presser, lisser ou repasser à la main les tissus de toute espèce, 65 (pl. 264).
- Charmeux (Rose)*. De la culture du chasselas à Thomery, 269.
- Chatelain*. Fondation d'une école de brasseurs, 737.
- Chevallier (A.)*. Note sur divers travaux de feu le baron *Thénard*, 183.
- Rapport sur la fabrique de papier de verre et d'émeri de M. *Dumas-Frémy*, 645.
- Rapport sur l'enduit à base de fer, dit *minium de fer*, préparé par M. *A. de Cartier*, 708.
- Chevreur*. Mémoire sur les vitraux peints, 718.
- Chioussé*. Chaudière à vapeur fumivore, 63.
- Chouet*. Procédés de dorure et d'argenture galvaniques des tissus, 320, 638.
- Christofle* (membre du conseil). Nouvelle de sa mort, 739.

- Clamageron*. Système de charrue-bêcheuse, 574.
- Claubry (Gaultier de)*. Rapport sur un système de chauffage des appareils d'un laboratoire de chimie de M. *Nicklès*, 4 (pl. 261).
- Rapport sur le système de transformation des combustibles en gaz pour le chauffage des fours et appareils industriels par MM. *Prunier*, *Mignot* et *Guitta*, 388.
- Rapport sur l'ébullioscope centésimal de M^{lle} *Brossard-Vidal*, 516 (pl. 279).
- Coblentz et Leoni*. Préparation du chanvre sans rouissage, 445.
- Coignard (J.)*. Nouveau système de navette pour machines à coudre, 382, 639.
- Combes (Ch.)*. Exposé des principes de la théorie mécanique de la chaleur et de ses applications principales, 12, 69 (dessins sur bois), 327, 591, 660.
- Communication sur un nouveau système d'essai des chaudières à vapeur, 320.
- Condor*. Système de pressoir à vin, 639.
- Corliss*. Système de machine à vapeur avec détente, 473 (pl. 278).
- Cougoureux*. Charrue à versoir rotatif, 228 (pl. 270).
- Crouzand-Dazat (Charles)*. Nouveau genre de briques, 189.

D.

- Dailly*. Rapport sur le mode de jonction de tuyaux pour les irrigations, présenté par M. *Cabieu*, 145.
- Dalemagne et Bombes-Devilliers*. Communication relative à la fabrication des allumettes chimiques dites *androgynes*, 253.
- Darcy*. Ses perfectionnements au tube de *Pitot* pour jauger les cours d'eau, 468.
- Dartmann*. Travaux relatifs à la coupe des vêtements, 143.
- David (Maurice)*. Système de dynamomètre pour les fils de chanvre, 445.
- Debatène*. Système de robinet évitant les coups de bélier, 701.
- Decroizilles*. Ses procédés alcalimétriques, 517.
- Dedieu*. Appareil contrôleur de la pression des manomètres, 701.
- Degravel (François)*. Compteur à eau, 574.

- Deiss*. Réclamation de priorité au sujet de la fabrication industrielle du sulfure de carbone, 638.
- Delacour (Victor)*. Études sur les machines à vapeur marines, etc., 639.
- Delacroix* (agent de la Société). Sa mort, 572.
- Delamorinière*. Règle à calcul spéciale destinée aux ingénieurs, 656.
- Delaunay*. Condenseur à air pour machines à vapeur, 63.
- Delbruck (Jules)*. Récréations instructives, 396.
- Delcambre*. Perfectionnements à ses appareils à distribuer les caractères typographiques, 318.
- Delesse*. Rapport sur les matériaux de construction à l'Exposition universelle de 1862, 636.
- Descoutures (Louis)*. Système de fusil à bascule, 187.
- Druelle*. Poudre pour guérir la maladie de la vigne, 636, 638.
- Duchesne*. Rapport sur l'enucléole des fruits à noyaux de M. *Idrac*, 140 (dessin sur bois).
- Rapport sur les procédés perfectionnés de moulage de M. *Stahl*, 528.
- Rapport sur la fabrication de papier de verre et d'émeri de M. *Dumas-Frémy*, 645.
- Duchesne-Thoureau*. De l'amélioration des forêts, 704.
- Ducuing (Fr.)*. Pierre factice colorée, 253.
- Dulos*. Procédé de gravure en creux et en relief, 184.
- Dumas*, sénateur, Président de la Société. Rapport au sénat sur une pétition des compagnies d'assurances relative à une demande d'interdiction de la fabrication des allumettes chimiques à pâte de phosphore ordinaire, 147.
- Communication sur les nouveaux procédés de gravure de M. *Dulos*, 184.
- Communication sur l'état de la fabrication de l'aluminium, 251.
- Histoire de l'orseille, 270.
- Dumas-Frémy*. Fabrication du papier de verre et d'émeri, 645.
- Du Moncel (comte Th.)*. Rapport sur les coussins frotteurs des machines électriques de M. *Perrault Steiner*, 9.
- Rapport sur la machine à graver électro-magnétique de M. *Gaiffe*, 137.
- Communication relative aux droits de M. *Lippens*, comme inventeur des sonneries électriques à trembleur, 186.
- Rapport sur l'appareil électro-médical de M. *A. Gaiffe*, 264.

Dunlop (C. T.). Procédé de fabrication du chlore, 675.

Duproz. Système de pompe, 187.

Dupuis, G. A. Leroyer et Rabouin. Instrument de topographie, 184.

Dyé (Paul) et Greffier. Appareil à fabriquer les eaux gazeuses, 572.

E.

Élers. Invention de la glaçure au sel dans la poterie de grès, 415.

Évrard. Système d'essieu creux à graissage continu pour chariots de mine, 321 (pl. 272).

F.

Fairbairn (William). Comparaison de la résistance à l'extension entre les plaques de fer et les plateaux de bois, 313.

— Sur les propriétés du fer et sur le degré de résistance qu'il peut offrir au choc des projectiles lancés à toute vitesse, 402.

Fanshawe. Nouveau mode de ventilation des navires cuirassés, 382.

Faure. Rapport sur les hydro-extracteurs ou essoreuses à force centrifuge de M. *Gautron*, 193 (pl. 268).

— Communication sur la méthode employée par MM. *Belin et Jeannez* pour extraire les jus sucrés contenus dans les résidus de défécation, 190.

— Nouvelle de sa mort, 384. — Paroles prononcées sur sa tombe par M. le général *Morin*, 375.

Filleul. Rideaux de cheminées d'appartements et système d'assemblage par appels-à-joint, 652 (pl. 284).

Fillon. Métier à tisser perfectionné, 736.

Flachat (Eugène). Son projet de traversée des Alpes, 120.

Flajolot. Sur le dosage du cuivre et sur l'essai des cyanures de potassium impurs du commerce, 244.

Flamm (P.). Le *Verrier* du XIX^e siècle, 61, 267.

Fowler. Charrue à vapeur, 276.

Franchot. Sa machine à air chaud, 88.

François (Jules). Note pour servir à l'histoire des travaux d'amélioration des eaux minérales françaises, etc., 700.

Frankland (E.). Sur les principales sources d'éclairage artificiel, 231.

Fremerville (de) et Sabatier. Rapport sur les machines à vapeur de l'Exposition universelle de 1862, 188.

Fumet-Dejort. Conservation des bois par le chlorure de sodium, 740.

G.

Gagnage. Désinfection des produits des égouts, 638.

Gaiffe (A.). Appareil électro-médical, 264.

Gaiffe. Machine à graver électro-magnétique, 137.

Gatget et Moreaux. Système de touage, 454.

Gatty. Utilisation des résidus de manganèse provenant de la fabrication du chlore, 678.

Gaudet et Petin. Fourniture de plaques de fer en Angleterre, 442.

Gaudry (Jules). Projet de locomotive à grande vitesse, 736.

Gautron. Essoreuse à force centrifuge, 193 (pl. 268).

Geoffroy. Tuiles en fonte pour couverture des bâtiments, 637.

Gervais (Ernest). De la juridiction commerciale en matière de transport, 63.

Ghislain (Goulston). Perfectionnements dans le traitement des plantes marines et dans leur application à la fabrication d'une matière composée assez dure pour remplacer l'ébène et l'ivoire, 249.

Ginoul (Augustin). Imperméabilisation du cuir, 61.

Girard (Aimé). Note sur la nature des dépôts qui s'opèrent dans les chaudières d'évaporation des jus sucrés aux Antilles, 170.

Girard (J. de). De l'action du soufre sur les dissolutions de sels à réaction alcaline ; décomposition de l'eau bouillante par ce corps, 440.

Girardin (J.). Notice sur les guanos du commerce, 299.

Godard (Edwin). Sur la fabrication du grès, 414.

Godouard. Méthode pour fabriquer les tuyaux en carton, 432.

Gondolo. Four continu pour la pâtisserie, 64.

- Gossage*. Procédé de fabrication de l'acide sulfurique, 480.
- Extraction du cuivre des pyrites de fer grillées, 488.
- Renseignements statistiques sur la fabrication des sels de soude en Angleterre, 546.
- Graham*. Procédé de préparation du chlorate de potasse, 679.
- Grandemange*. Arithmétique théorique, pratique et mentale, 395.
- Grateau (Ed.)*. Note sur la fabrication de l'acier en Angleterre, 192.
- Greffier et Paul Dyé*. Appareil à fabriquer les eaux gazeuses, 572.
- Grisson (Théophile)*. Ouvrage intitulé : *Le teinturier au XIX^e siècle*, 325.
- Grün (Nicolas)*. Appareil à marquer les bouteilles, 639.
- Guérin-Méneville*. Revue de sériciculture comparée, 188.
- Guignet*. Nouvelle application de son vert de chrome, 188.
- Guitta, Prunier et Mignot*. Transformation des combustibles en gaz pour le chauffage des fours et appareils industriels, 388.

H.

- Hager*. Préparation facile de l'acide chlorhydrique pur, 698.
- Haswell*. Presse hydraulique, 627 (pl. 282).
- Hebert et Voisin*. Nouveau procédé de tissage, 257 (pl. 271).
- Hermann (André)*. Système électrique pour arrêter la marche du métier à tisser lorsqu'un fil casse, 741.
- Herpin*. Rapport sur les appareils de M. *Chambon-Lacroisade* pour chauffer les instruments nécessaires à presser, lisser ou repasser à la main les tissus de toute espèce, 65 (pl. 264).
- Rapport sur l'application de l'hydro-extracteur à force centrifuge de M. *Gautron* à la fabrication de la fécule de pommes de terre, 197.
- Heusinger*. Poteaux télégraphiques en tubes de locomotives hors de service, 59.
- Hind et Thompson*. Fabrication du gaz d'éclairage au moyen de l'huile de pétrole, 316.

- Hjerpe*. Procédé de fabrication des allumettes chimiques, 250.
- Hofmann (A. W.)*. Sur les couleurs connues sous les noms de *mauve* et de *magenta*, 207.
- Rapport sur les produits chimiques industriels de l'Exposition universelle de 1862, 478, 546, 672.
- Hooibrenck*. Fécondation artificielle des céréales, de la vigne et des arbres fruitiers, 629.
- Houzeau*. Composition des poussières provenant du nettoyage des débouurrages de la laine, 242.
- Howard*. Charrue à vapeur, 287.

I.

- Idrac*. Énucloir des fruits à noyaux, 140 (dessin sur bois).
- Isherwood (B. F.)*. Recherches expérimentales sur la vapeur, etc., 700.

J.

- Jacquelain*. Expériences avec l'ébullioscope centésimal de M^{lle} *Brossard-Vidal*, 521.
- Rapport sur l'appareil de M. *Laurent* pour prendre les bains de vapeur à domicile, 641 (pl. 283).
- Jame (Ed.)*. Système de panification, 572.
- Jeannez et Belin*. Méthode pour extraire les jus sucrés contenus dans les résidus de défécation, 190.
- Joanot (L. Charton)*. Emploi de la scie à ruban pour la taille des matériaux de construction, 445.
- Johnson (R.) et C. Calvert*. De l'action de l'acide sulfurique sur le plomb, 303.

K.

- Keates (W. Thomas)*. Le voisinage d'un incendie

peut-il déterminer l'explosion d'un gazomètre ; note sur cette question, 306.

Kertsing. Recherches sur le moyen de déceler par la brucine la présence de l'acide azotique dans l'eau, 698.

Kessler. Perfectionnements dans la fabrication des tuyaux en fer et en laiton, 428.

Kessler (L.). Procédé de gravure sur verre, 319.

— Sur un procédé d'extraction du sucre de betteraves, 505.

Kœlitz et comp. Fabrication d'amidon de riz, 700.

Kæstlui et Antoine Battig. Système de voie de chemin de fer dans lequel le bois n'entre pas, 636

L.

Labourieu (Th.). Organisation du travail artistique en France, 736.

Lacan. Essai de culture du cotonnier en Corse 383.

Lagoux. Pierre factice, 189.

Largefeuille. Système de télégraphie souterraine et sous-marine, 183.

Laterrière (de). Appareil automatique à vanter les blés, 446.

Laur. Sur les lacs construits en Californie pour alimenter les ateliers de lavage de l'or, 443.

Laurent. Appareil pour prendre à domicile des bains de vapeur, 184, 641 (pl. 283).

Laviron. Système de cheminée, 738.

Lenief. Système de volets en fer pour fermeture des boutiques, 61.

Leoni et Coblentz. Préparation du chanvre sans rouissage, 445.

Leroyer (G. A.), *Dupuis et Rabouin*. Instrument de topographie, 184.

Leyherr. Métier à filer continu, 185.

Liesching. Sur le collage du papier, 60.

Lion. Conservation des substances alimentaires par la vapeur surchauffée, 740.

Lippens. Ses droits relativement à l'invention des sonneries électriques à trembleur, 186.

Lissajous. Communication sur la soufflerie de précision de M. *Cavaillé-Coll*, 186.

Lotz. Appareils pour le labourage à vapeur, 572.

Luneau. Système nouveau de presse à copier, 740.

Luynes (Victor de). Communication relative aux

nouvelles applications du vert de chrome de M. *Guignet*, 188.

— Sur la préparation industrielle de l'orcine, 270.

— Communication sur les impressions photographiques en couleur, de M. *Poitevin*, 383.

— Sur les moyens de transformer l'orcine en matière colorante, 637.

M.

Macé. Signal pour chemins de fer, 62.

Magneval. Préparation d'une nouvelle encre, 740.

Maiche (L.). Système de pile électrique, 183.

Malteau. Machine dite *égloutronneuse*, pour débarrasser la laine de toutes ordures, 187.

Mandet. Emploi du sulfate d'ammoniaque pour rendre les mousselines ininflammables, 637, 701.

Mangon (Hervé). De l'état actuel du drainage en France, 246.

— Communication relative aux perfectionnements apportés par M. le marquis de *Poncin* à la charue à vapeur de *Howard*, 251.

— Expériences sur l'emploi des eaux pour les irrigations sous différents climats, 189.

— Note sur la culture à vapeur, 276 (dessin sur bois).

— Sur les expériences relatives à l'emploi des eaux dans les irrigations sous différents climats, 466.

Manley. Premier bateau à vapeur en fer construit en Angleterre, 402.

Maréchal. Procédé de durcissement du bois, 252.

Marès (Henri). Des vignes du midi de la France, 702.

Marino. Machine hydraulique, 62.

Marmay (Pierre). Guide pratique de la meunerie et de la boulangerie, 639.

Marmet. Lampe perfectionnée pour brûler les huiles minérales, 64.

Martin (A.). Sur un mode d'argenture à froid du verre par l'emploi du sucre interverti, 509.

Martin (de Provins). Réclamation de priorité au sujet de l'orgue de Saint-Sulpice, 62.

Martin. Système de piquage des cylindres des orgues mécaniques, 185.

Martz. Préparation de l'huile de poisson pour les cuirs d'empeigne, 511.

Masbon. Système d'échelles mécaniques, 736, 738.

Matthiessen (A.) et Von Bosc. Sur les alliages de plomb et de zinc, 440.

Maumené et Rogelet. Préparation du carbonate de potasse avec les eaux de suint provenant du dégraissage des laines, 681.

Melsens. Son procédé de traitement du jus de betteraves par le bisulfite de chaux, 532.

Merckelbagh. Système de moulin broyeur, 639.

Métivier. Système de pompe, 705 (pl. 285).

Michel (A.) et J. B. Picard. Papier à cigarettes, 62.

Michel, ingénieur des ponts et chaussées. Projet de chemin de fer à travers les Alpes passant par le Luckmanier, 121.

Mignot, Prunier et Guitta. Transformation des combustibles en gaz pour le chauffage des fours et appareils industriels, 388.

Mille. Système d'éclairage avec le gazo-lampe, 737, 739.

Minich. Nouveau moulin à plâtre, 200 (pl. 269).

Molinos et Pronnier. Sur les travaux et le matériel fixe et roulant du chemin de fer de Lyon à la Croix-Rousse, 364 (pl. 273 et 274).

Moll. Rapport sur le système de boîtes à lait de M. *Boulanger*, 385 (dessin sur bois).

Monnier. Perfectionnements à ses becs à gaz, 736.

Monod. Procédé de préparation du chlore, 674.

Moreaux et Gatget. Système de touage, 454.

Morin (général). Expériences sur les effets de ventilation produits par les cheminées d'appartements, 203.

— Paroles prononcées sur la tombe de M. *A. Faure*, membre du comité des arts mécaniques de la Société d'encouragement, 375.

— Note sur l'assainissement de l'air par la vaporisation de l'eau, 688.

Morvan. Nouveau mode de reproduction, à l'aide de la lumière, de toute espèce de dessins gravés, imprimés, photographiés, etc., 444.

Moufflet. Appareils à cuire la betterave, 183.

Mouline (Eugène). Propulseur pour navires, 639.

Mousseron et comp. Appareils de chauffage, 391 (pl. 275).

Mulder. Des dangers que peut présenter la distillation de la houille avariée par l'eau de mer, 734.

Muntz. Laiton malléable à chaud, 432.

N.

Napoléon (S. M. Louis Empereur). Discours pro-

noncé lors de la distribution des récompenses décernées à l'occasion de l'Exposition universelle de 1862, 51.

— Décret relatif à l'ouverture d'une Exposition universelle en 1867, 378.

Napoléon (Prince). Discours adressé à l'Empereur lors de la cérémonie des récompenses relatives à l'Exposition universelle de 1862, 48.

Naudet et comp. Baromètre métallique, 318.

Nezeraux (P.). Moulin à meule verticale, 573.

Nicklès. Système de chauffage des appareils d'un laboratoire de chimie, 4 (pl. 261).

Niepe de Saint-Victor. De la reproduction des couleurs en héliographie, 239.

Normand. Nouveau mode de transmission pour faire disparaître les irrégularités du mouvement obtenu par l'intermédiaire du joint de Cardan, 129 (pl. 267).

Nourrigat (Émile). Avantages de la culture du mûrier sauvage pour la nourriture du ver à soie, 738.

P.

Parant (Eugène). Perfectionnements dans le satinage des tissus, 252.

Payen. Rapport sur les procédés d'extraction du sucre colonial et indigène communiqués à l'Académie des sciences par M. *Alvaro Reynoso* et MM. *Perrier* et *Possoz*, 532.

— Note sur l'assainissement de la fabrication du sulfure de carbone, 717.

Peligot (Henri). Rapport sur les appareils de chauffage de MM. *Mousseron et comp.*, 391 (pl. 275).

Peltier jeune. Perfectionnements à la charrue à versoir rotatif du système *Cougoureux*, 228 (pl. 270).

Péraux. Disposition particulière de la règle à calcul ou échelle logarithmique, 513.

Perrault Steiner. Coussins frotteurs des machines électriques, 9.

Perrier et Possoz. Procédés d'extraction du sucre colonial et indigène, 532.

Pétin et Gaudet. Fourniture de plaques de fer en Angleterre, 442.

Phillips (membre du conseil de la Société). Rapport sur l'essieu creux à graissage continu pour chariots de mine, de M. *Evrard*, 321 (pl. 272).

- Rapport sur un mémoire de M. *Beau de Rochas* traitant de la traction des bateaux fondée sur le principe de l'adhérence, 454.
- Phillips (J. Arthur)*. De l'exploitation de l'or et des principaux gisements aurifères découverts depuis dix ans, 153.
- Phipson (T. L.)*. Sur des explosions de gaz produites par la rupture de tuyaux de conduite en cuivre, 247.
- Composition des résidus provenant de la fabrication du gaz d'éclairage, 379.
- Picard (J. B.)* et *Michel*. Papier à cigarettes, 62.
- Pierrugues*. Produit alimentaire fait avec le seigle torréfié, 185.
- Pindray (de)*. Fourneau d'apprêteur, 737.
- Poitevin (Alphonse)*. Impressions photographiques en couleurs, 383.
- Traité de l'impression photographique sans sels d'argent, 448.
- Polglase et Victor*. Fusées de sûreté pour les mineurs, 512.
- Poncin (marquis de)*. Perfectionnements à la char-
rue à vapeur du système *Howard*, 251.
- Possoz et Perrier*. Procédés d'extraction du sucre colonial et indigène, 532.
- Postel (Ambroise)*. Métier à tisser pour toutes espèces d'étoffes, 184.
- Pouillet*. Rapport sur un appareil de M. *Carré* ayant pour objet la production du froid artificiel, 32 (pl. 262 et 263).
- Priestley*. Rapport sur les récréations instructives de M. *Jules Delbruck*, 396.
- Rapport sur les examens pour les écoles impériales d'arts et métiers, 587.
- Pronnier et Molinos*. Sur les travaux et le matériel fixe et roulant du chemin de fer de Lyon à la Croix-Rousse, 364 (pl. 273 et 274).
- Prunier, Mignot et Guitta*. Transformation des combustibles en gaz pour le chauffage des fours et appareils industriels, 388.
- Ses travaux sur les propriétés des vapeurs, 332.
- Note sur un appareil à distillation fractionnée pour apprécier la valeur vénale des huiles essentielles qui proviennent de la calcination des houilles ou des schistes, 686 (dessin sur bois).
- Reny*. Procédé de fabrication de la poudre-coton en Autriche, 317.
- Reveil*. Essai de substitution du sparte au coton, 64.
- Reynaud (L.)*. Rapport au Ministre sur l'application de la lumière électrique à l'éclairage des phares, 496.
- Reynoso (Alvaro)*. Procédés d'extraction du sucre colonial, 532.
- Richard*. Instrument de géodésie pour faciliter la résolution des triangles, 700.
- Richard (J.)*. Application d'un émail sans plomb sur les poteries cuites à basse température, 637.
- Rigaud*. Reproduction, sur pierres, des images lithographiques nouvelles et anciennes, 442.
- Robert fils*. Nouvel anneau astronomique ou cercle zénithal pour prendre la hauteur du soleil, 460 (pl. 277).
- Robertson*. Système de touage, 451.
- Robineaud*. Moyen de distinguer la falsification de la cire d'abeilles par la cire végétale, 58.
- Robinet*. Système de suspension pour les ouvriers peintres en bâtiments qui travaillent à la corde, 448.
- Robins (George)*. Filtres de fontaine en grès, 416.
- Robiquet*. Son procédé pour extraire l'orcine des lichens, 271.
- Rochas (Beau de)*. Mémoire sur la traction des bateaux fondée sur le principe de l'adhérence, 454.
- Rodé*. Remède contre la maladie de la vigne, 318.
- Rogelet et Maumené*. Préparation du carbonate de potasse avec les eaux de suint provenant du dégraissage des laines, 681.
- Rorison (J.)*. Livre de lock du Great-Eastern, 434.
- Rosthorn (Von)*. Nouvel alliage pour canon, 439.
- Rouher (S. Exc. E.)*. Rapport à l'Empereur sur l'opportunité d'une Exposition universelle à ouvrir en 1867, 377.
- Royer*. Système de boîte de compas, 588.

R.

- Rarchaert (Lucien)*. Système de machine locomotive articulée, 252.
- Redstone*. Machine à travailler le bois, 250.
- Regnault (V.)*. Sur la chaleur spécifique du thallium, 243.

S.

- Sabatier et de Fréminville*. Rapport sur les machines

- à vapeur de l'Exposition universelle de 1862, 188.
- Sacc.* Communication au sujet du mordant rouge employé en teinture, 251.
- Préparation d'une encre dans laquelle entre l'aniline, 702.
- Toiles peintes par la garancine, *ib.*
- Sacré (Ch.)*. Système de compteur pour alcool, 318.
- Salicis*. Appareil dit *barotrope* utilisant le poids de l'homme pour produire un travail moteur, 577 (pl. 281).
- Salvétat*. Rapport sur l'ouvrage de M. P. Flamm, intitulé *le Verrier du XIX^e siècle*, 267.
- Rapport sur le livre de M. Grison (*Théophile*) : *le Teinturier au XIX^e siècle*, 325.
- Saulnier (J. F.)*, membre honoraire du comité des arts mécaniques. Nouvelle de sa mort, 183.
- Schlœsing*. Mode de préparation du chlore, 676.
- Schœffel*. Remarques sur la détermination de la température du vent chauffé pour les hauts fourneaux, 570.
- Schwartz*. Sur un nouveau monte-charge pour les hauts fourneaux, 634.
- Senarmont (de)*. Sa biographie, 721.
- Shanks (James)*. Procédé de lixiviation de la soude brute, 550.
- Silbermann*. Rapport sur les travaux de M. Dartmann relatifs à la coupe des vêtements, 143.
- Communication sur le robinet de M. de Waroquier, 319.
- Silvestre (baron E. de)*. Rapport sur le nouvel anneau astronomique ou cercle zénithal de M. Henri Robert fils, 460 (pl. 277).
- Société industrielle de Mulhouse*. Programme de l'école de tissage fondée par elle, 692.
- Sommelier*. Machine à forer les trous de mine employée au percement des Alpes entre Modane et Bardonnèche, 125 (pl. 266).
- Somsou et Bruneaux*. Système de tire-bouchon, 638.
- Sorel*. Système de chauffage économique des machines à vapeur, 573.
- Stahl*. Procédés perfectionnés de moulage, 63, 528.
- Stanford (E. C.)*. Traitement des varechs par distillation sèche pour en extraire l'iode, 685.
- Stenhouse*. Son procédé de traitement des lichens pour la fabrication de l'orseille, 272.
- Stevenson (David)*. Des ravages que l'insecte connu sous le nom de *limnoria terebrans* exerce, dans les travaux à la mer, sur les bois injectés de créosote, 235.
- Stewart (William)*. Procédé de touage par chaîne adhérente, 449 (pl. 276).
- Suireau*. Pompe aspirante et foulante, 740.

T.

- Tabarié*. Son procédé d'essai des liquides spiritueux, 517.
- Tailbouis*. Métier à faire la bonneterie, 62.
- Tailfer*. Machine à balayer, 738.
- Tarade (Emile de)*. Proposition d'une substance pour remplacer le coton, 187.
- Tavernier*. Système de bouchage des flacons, 183.
- Tenbrinck*. Foyer fumivore employé sur le chemin de fer de l'Est, 538 (pl. 280).
- Tennant*. Fabrication du sulfate de soude à Glasgow, 548.
- Régénération du peroxyde de manganèse employé dans la fabrication du chlore, 677.
- Thibaule*. Plaques de verre strié pour augmenter l'éclairage des lanternes à gaz, 320.
- Thompson (Lewis)*. Procédé de fabrication du nickel à l'état pur, 437.
- Thompson et Hind*. Fabrication du gaz d'éclairage au moyen de l'huile de pétrole, 316.
- Tindall (William) et Jones Yates*. Procédés de purification de la paraffine, des huiles de goudron et autres hydrocarbures liquides, 248.
- Townsend et Walker*. Préparation des hyposulfites au moyen des marcs de soude, 680.
- Trébuchet*. Sa nomination comme agent de la Société, en remplacement de M. Delacroix, décédé, 702.
- Allocution prononcée à l'occasion de sa nomination, 736.
- Trélat*. Rapport sur les rideaux de cheminées d'appartements et sur les assemblages par appels-à-joint de M. Filleul, 652 (pl. 284).
- Tresca*. Rapport sur un nouveau mode de transmission employé par M. Normand pour faire disparaître les irrégularités du mouvement obtenu par l'intermédiaire du joint de Cardan, 129 (pl. 267).
- Rapport sur un nouveau moulin à plâtre de M. Minich, 200 (pl. 269).
- Rapport sur le procédé de touage par chaîne adhérente de M. William Stewart, 449 (pl. 276).
- Communication sur le système de chauffage

- économique des appareils à vapeur de M. Sorel, 573.
- Rapport sur l'appareil dit *barotrope* de M. Sallais, 577 (pl. 281).
- Rapport sur un système de pompe de M. Méti-
vier, 705 (pl. 285).
- Turck. Modifications apportées à l'injecteur Giffard, 701.
- Sur un mode de conservation de la teinture de
tournesol, 510.
- Voisin et Hébert. Nouveau procédé de tissage, 257
(pl. 271).
- Vuadel et comp. Réflecteurs en porcelaine pour l'é-
clairage au gaz, 740.
- Vuillemo. Modérateur pour les conduites de gaz,
637.

V.

- Vaissard. Machine à balayer, 62.
- Vannet (F. C.). Système de frein, 185.
- Varrentrapp. Sur l'emploi du plâtre dit *annaline*
dans la fabrication du papier, 632.
- Vaussin Chardanne. Robinet pour conduites de gaz
et d'eaux forcées, 700.
- Vautier. Système de robinet, 64.
- Vernède de Corneillan (comtesse). Procédé de dévi-
dage des cocons à orifice de l'ailante, 252.
- Appareil transporteur des cocons vivants, 701.
- Vial (E.). Sur de nouveaux procédés de gravure et
de reproduction de gravures anciennes, 181.
- Vickers (T. Edward). Sur la résistance de l'acier
relativement aux différentes proportions de car-
bone qu'il contient, 561.
- Victor et Polglase. Fusées de sûreté pour les mi-
neurs, 512.
- Vidal (Brossard-) (M^{lle}). Ébullioscope centésimal,
516 (pl. 279).
- Villa (Ignace). Tableaux de géographie, cosmo-
graphie et cosmogonie, 63.
- Villiere. Compteur d'eau dit *hydromètre*, 574.
- Viollet (J. B.). Sur les moyens de diminuer la ré-
sistance intérieure des piles voltaïques et sur les
effets de cette diminution dans les appareils à
grandes intensités, 508.
- Voelcker (Augustus). Sur quelques propriétés phy-
siques et chimiques des sols arables et sur la
puissance de production des différents sols de
l'Angleterre, 421.
- Vogel (A.). Sur quelques usages chimiques de la
paraffine, 179.

W.

- Walker et Townsend. Préparation des hyposulfites
au moyen des marcs de soude, 680.
- Ward (P.). Utilisation, comme engrais, des résidus
de la fabrication de la soude par le procédé Le-
blanc, 561.
- Warquier (de). Modèle de robinet, 252, 319.
- Way. Recherches sur la puissance d'absorption des
différents sols relativement aux engrais, 422.
- Wernecke. Sur l'emploi du spath-fluor pour la fu-
sion de la fonte de fer, 571.
- Wetly. Projet de chemin de fer par le Saint-
Gothard, 122.
- Williamson et Stevenson. Procédé de fabrication de
la soude brute, 549.

Y.

- Yates Jones et William Tindall. Procédés de purifi-
cation de la paraffine, des huiles de goudron et
autres hydrocarbures liquides, 248.

Z.

- Zeuner. Tableau des principales valeurs relatives à
la vapeur d'eau à l'état de saturation, 351.

TABLE

ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE

DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LA SOIXANTE-DEUXIÈME ANNÉE DU BULLETIN.

A.

Acétylène. Nouveau corps appelé, découvert par M. Berthelot dans le gaz d'éclairage, 232.

Acide. De l'action de l', sulfurique sur le plomb, par MM. C. Calvert et R. Johnson, 303.

— Rapport sur les progrès introduits dans la fabrication de l', sulfurique, par M. A. W. Hofmann, 478.

— Essais pour remplacer les chambres de plomb par des constructions plus économiques dans la fabrication de l'acide sulfurique, 479. — Essais de production de l'acide sulfurique sans l'emploi de l'acide nitrique et de ses dérivés, 480. — Substitution des pyrites ferrugineuses au soufre de Sicile, 482. — Purification de l'acide sulfurique, 484. — Mode de combustion du soufre, 485. — Mode de combustion des pyrites ferrugineuses, 487. — Extraction du cuivre des pyrites de fer grillées, 488. — Emploi du soufre absorbé et séparé pendant la purification du gaz de houille pour la fabrication de l'acide sulfurique, *ib.* — Concentration de l'acide sulfurique, 489. — Acide chlorhydrique et agents décolorants, 672. — Emploi de l'acide chlorhydrique, 673. — Préparation du chlore, 674. — Utilisation des résidus de la préparation du chlore, 676. — Régénération du peroxyde de manganèse, 677. — Applications du chlore, 678.

— chlorhydrique. Préparation facile de l', pur, par M. Hager, 698.

Acier. Sur la fabrication des rails en, par M. John Brown, 174.

— Études sur l', par M. H. Caron, 219, 443.

— Brunissage de l', et du fer, 381.

— Des effets produits par l'introduction des métaux du wolfram dans la fabrication du bronze, de la fonte et de l', par M. Caron, 491.

— Sur la résistance de l', relativement aux différentes proportions de carbone qu'il contient, par M. T. Edward Vickers, 561.

Agent. Nomination de M. Trébuchet comme, de la Société d'encouragement, en remplacement de M. Delacroix, décédé, 702.

Alcool. Appareil dit *ébullioscope centésimal* pour déterminer la richesse en, des liquides, par M^{lle} Brossard-Vidal; rapport de M. Gaultier de Claubry, 516 (pl. 279). — Note annexe par M. Jacquelin, 521.

Alliage (nouvel) pour canon, par M. Von Rossthorn, 439.

— Sur l', de plomb et de zinc, par MM. A. Matthiessen et Von Bosc, 440.

Allumettes chimiques. Rapport sur une pétition des compagnies d'assurance relative à une demande d'interdiction de la fabrication des, à pâte de phosphore ordinaire, présenté au sénat par M. Dumas, 147.

— Procédés de fabrication des, par M. Hjerpe, 250.

— Fabrication des, dites *androgynes*, de MM. L. Bombes-Devilliers et Dalemagne, 253.

Aluminium. Communication sur l'état de la fabrication de l', par M. Dumas, 251.

Amidon. Fabrication d', de riz, par MM. *Kœlitz et comp.*, 700.

Aniline. Sur les couleurs extraites de l', et connues sous les noms de *mauve* et de *magenta*, par M. *A. W. Hoffmann*, 207.

Argenture. Procédé d', et de dorure des tissus par voie galvanique, par M. *Chouet*, 320, 638.

— Sur un mode d', à froid du verre par l'emploi du sucre interverti, par M. *A. Martin*, 509.

Assainissement. Note sur l', de l'air par la vaporisation de l'eau, par M. *A. Morin*, 688.

— Sur l', de la fabrication du sulfure de carbone, par M. *Payen*, 717.

Assemblage. Système d', par appel-à-joint, par M. *Filleul*; rapport de M. *Trélat*, 652 (pl. 284).

B.

Bains. Appareil pour prendre à domicile des, de vapeur, par M. *Laurent*, 184. — Rapport de M. *Jacquelin*, 641 (pl. 283).

Baromètre. Système de, métallique, par MM. *Naudet et comp.*, 318.

Barotrope. Appareil dit, utilisant le poids de l'homme pour produire un travail moteur, par M. *Salicis*; rapport de M. *Tresca*, 577 (pl. 281).

— Tableau des expériences faites au Conservatoire impérial des arts et métiers, 584.

Baryte. Emploi du sulfate de, contre les incrustations des chaudières, 6.

Bateaux. Système de touage par chaîne adhérente, par M. *William Stewart*; rapport de M. *Tresca*, 449 (pl. 276).

— De la traction des, fondée sur le principe de l'adhérence, par M. *Beau de Rochas*; rapport de M. *Phillips*, 454.

Betteraves. Appareil à cuire les, par M. *Moufflet*, 183.

— Sur un procédé d'extraction du sucre de, par M. *L. Kessler*, 505.

Biographie. Éloge de M. *de Senarmont*, par M. *J. Bertrand*, 721.

Blanchiment. Procédé de, des peaux de chèvre, 179.

Blés. Appareil automatique à vanter les, par M. *de Laterrière*, 446.

— Fécondation artificielle des, et, en général, des

céréales, de la vigne et des arbres fruitiers, par M. *Hooibrenck*, 629.

Bois. Des ravages que l'insecte connu sous le nom de *limnoria terebrans* exerce, dans les travaux à la mer, sur les, injectés de créosote, par M. *David Stevenson*, 235.

— Machine à travailler le, par M. *Redstone*, 250.

— Procédés de durcissement et d'imperméabilisation du, par M. *Maréchal*, 252.

— Blanchiment du, de gaïac, 512.

— Procédé de conservation des, par le chlorure de sodium, par M. *Fumet-Dejort*, 740.

Boîtes. Système de fermeture pour les, à lait, par M. *Boulanger*; rapport de M. *Moll*, 385 (dessin sur bois).

Bonneterie. Métier à faire la, par M. *Tailbouis*, 62.

Bouchage. Système de, des flacons, par M. *Tavernier*, 183.

Bouchon. Système de tire-, par MM. *Bruneaux et Somsou*, 638.

Bouteilles. Appareil à marquer les, par M. *Nicolas Grün*, 639.

Brevets. Envoi des, de l'année 1859 par le commissaire du département de l'agriculture des États-Unis, 61.

Briques. Nouveau genre de, par M. *Charles Crouzand-Dazat*, 189.

Brucine. Recherches sur les moyens de déceler, par la, la présence de l'acide azotique dans l'eau, par M. *Kertsing*, 698.

Bulletin bibliographique, 190, 254, 447, 575, 702.

C.

Calcul. Disposition particulière de la règle à, ou échelle logarithmique, par M. *Péreau*; rapport de M. *Benoît*, 513.

— Note sur une règle à, spéciale destinée aux ingénieurs et combinée par M. *Delamorinière*; par M. *Benoît*, 656.

Canon. Nouvel alliage pour, par M. *Von Rossthorn*, 439.

Caoutchouc. Des inconvénients du, vulcanisé, 741.

Carbone. Influence du, sur la résistance de l'acier suivant les différentes proportions dans les-

- quelles il entre dans le métal, par M. *T. Edward Vickers*, 561.
- Réclamation de priorité au sujet de la fabrication industrielle du sulfure de, par M. *Deiss*, 638.
 - Note sur l'assainissement de la fabrication du sulfure de, par M. *Payen*, 717.
- Chaleur.** Exposé des principes de la théorie mécanique de la, et de ses applications principales, par M. *Ch. Combes*, 12. — Chap. I. Principes généraux, 13 (dessins sur bois). — Chap. II. Des gaz permanents, 69 (dessins sur bois) et 327. — Chap. III. Des vapeurs, 332, 591, 660.
- Chanvre.** Préparation du, sans rouissage, par MM. *Leoni et Coblentz*, 445.
- Autre méthode de préparation du, sans rouissage, par M. *Barbon*, 736.
- Charrue.** Note sur la, à versoir rotatif (système *Cougoureux*), perfectionnée et construite par M. *Peltier jeune*, 228 (pl. 270).
- Perfectionnements apportés à la, à vapeur du système *Howard*, par M. le marquis de *Poncin*; communication de M. *Hervé Mangon*, 251.
 - Description de la, à vapeur du système *Fowler*, 276, et de celle du système *Howard*, 287, par M. *Hervé Mangon* (dessins sur bois).
 - Système de, bêcheuse, par M. *Clamageron*, 574.
- Chaudières à vapeur.** Système de, fumi-vores, par M. *Chiousse*, 63.
- Nouveau système d'essai des; communication de M. *Combes*, 320.
 - Sur les moyens d'empêcher les incrustations dans les, par M. *E. Brescius*, 567.
- Chauffage.** Système de, des appareils d'un laboratoire de chimie, par M. *Nicklès*; rapport de M. *Gaultier de Claubry*, 4 (pl. 261).
- appareil de, pour les instruments servant à presser, lisser ou repasser à la main les tissus de toute espèce, par M. *Chambon-Lacroisade*; rapport de M. *Herpin*, 65 (pl. 264).
 - Appareil de, par M. *Barca*, 320.
 - Appareils de, par MM. *Mousseron et comp.*; rapport de M. *Henri Peligot*, 391 (pl. 275).
 - Système de transformation des combustibles en gaz pour le, des fours et appareils industriels, par MM. *Prunier, Mignot et Guitta*; rapport de M. *Gaultier de Claubry*, 388.
 - Remarques sur la détermination de la température appliquée au, du vent des hauts fourneaux, par M. *Schæffel*, 570.
 - Système de, économique des machines à va-
- peur, etc., par M. *Sorel*; communication de M. *Tresca*, 573.
- Cheminée.** Régulateurs de rideaux de, d'appartement, par M. *Filleul*; rapport de M. *Trélat*, 652 (pl. 284).
- Système de, dit *foyer-siphon*, par M. *Laviron*, 738.
- Chemins de fer.** Signal pour, par M. *Macé*, 62.
- De la traversée des Alpes à Modane et autres lieux, par M. *Baude*, 98 (pl. 265, 266 et dessins sur bois). — I. Traversée de Modane et convention internationale, 99. — Tracé du souterrain, 100. — Coupe géologique, 101. — Attaque du souterrain, 102. — Compresseurs hydrauliques, 104. — Compresseurs mus par la rivière d'Arc, *ib.* — Compresseurs à Bardonnèche, 106. — Quantité d'air nécessaire dans une galerie souterraine, 108. — Outil perforateur, 109. — Mouvements divers du fleuret, 110. — Évaluation de la pression du fleuret, 114. — Mouvement de recul du fleuret, *ib.* — Dépense d'air du perforateur, *ib.* — Époque probable d'achèvement, 115. — État atmosphérique du souterrain des Alpes pendant l'exploitation, 116. — II. Traversée des Alpes par les chemins de fer, 117. — Itinéraire de Paris à Milan, 118. — Étude de M. Michel par le Luckmanier, 121. — Projet de chemin de fer par le Saint-Gothard, 122.
 - Sur la fabrication des rails en acier pour, par M. *John Brown*, 174.
 - Sur les travaux et le matériel fixe et roulant de la ligne de Lyon à la Croix-Rousse, par MM. *Molinos et Pronnier*, 364 (pl. 273 et 274). — Réchauffeur, 366. — Câble, 367. — Freins, *ib.* — Réception du chemin, 370.
 - Système de voie de, dans lequel le bois n'entre pas comme élément, par MM. *Kæstlui et Antoine Battig*, 636.
 - Waggons pour travaux de terrassements, se déchargeant seuls, par M. *Martin*, 738.
- Cire.** Moyen de distinguer la falsification de la, d'abeilles par la cire végétale, par M. *Robineaud*, 58.
- Compas.** Système de, à tracer les ellipses, par M. *Carmien*, 187.
- Boîte de, de précision, par M. *Royer*; rapport de M. *Benoît*, 588.
- Comptabilité.** Système de, au moyen de fiches mobiles, par M. *Émile Cauderon*, 700.
- Compteur.** Système de, pour alcool, par M. *Ch. Sacré*, 318.

— Système de, pour eau, dit *hydromètre*, par M. *Villiere*, 574.

Concurrence. De la, faite par certaines forges de France à celles de l'Angleterre, 442.

Conseil d'administration. Décision du, relativement à la souscription en faveur des ouvriers sans travail de l'industrie cotonnière, 3.

— Délibération du, relativement à la nomination de membres adjoints, 3, 66, 129.

Conservation. Des ravages que l'insecte connu sous le nom de *limnoria terebrans* exerce, dans les travaux à la mer, sur les bois traités par les procédés de, à la créosote, par M. *David Stevenson*, 235.

— Méthode de, des substances alimentaires, par la vapeur surchauffée, par M. *Lion*, 740.

— Procédé de, des bois par le chlorure de sodium, par M. *Fumet-Dejort*, 740.

Contrôleur. Appareil dit, pour contrôler la pression des manomètres, par M. *Dedieu*, 701.

Coton. Essai de substitution du sparte au, par M. *Reveil*, 64.

— matière proposée pour remplacer le, par M. *Émile de Tarade*, 187.

— Culture du, en Cochinchine, 315.

— Essai de culture en Corse de l'arbre à, par M. *Lacan*, 383.

Couleur. Sur la, vert de chrome de M. *Guignet* et sur ses nouvelles applications, par M. *de Luy-nes*, 188.

— Sur la, dite *mauve* et sur celle dite *magenta*, par M. *A. W. Hofmann*, 207.

— Sur un mode de conservation de la, du tournesol, par M. *A. Vogel*, 510.

Couture. Développement extraordinaire, en Amérique, de la fabrication des machines à faire la, mécanique, par M. *Edwin P. Alexander*, 314.

— Système de navette pour la, mécanique, par M. *J. Coignard*, 639.

Cryolithe. Sur la fabrication de la soude au moyen de la, par M. *A. W. Hofmann*, 557.

Cuir. Imperméabilisation des, par M. *Ginoul (Augustin)*, 61.

— Préparation de l'huile de poisson pour les, d'empeigne par M. *Martz*, 511.

Cuivre. Sur le dosage du, et sur l'essai des cyanures de potassium impurs du commerce, par M. *Flajolot*, 244.

Culture. Note sur la, à vapeur, par M. *Hervé Mangon*, 276 (dessins sur bois). — Description de

la charrue *Fowler*, *ib.* — Fonctionnement de la charrue et prix du travail, 283. — Charrue à vapeur de *Howard*, 287.

— Sur quelques propriétés physiques et chimiques des sols destinés à la, et sur la puissance de production des différents sols de l'Angleterre, par M. *Augustus Voelcker*, 421.

D.

Décorations. Distribution de, faites par l'Empereur à l'occasion de l'Exposition universelle de 1862, 47.

Désinfection. Bassin pour la, du produit des égouts, par M. *Gagnage*, 638.

Dessins. Nouveau mode de reproduction, à l'aide de la lumière, de toute espèce de, gravés, imprimés, photographiés, etc., par M. *Morvan*, 444.

Dévidage. Procédés de, des cocons à orifice de l'ailante, par M^{me} *de Vernède de Corneillan*, 252.

Discours adressé par le prince Napoléon à l'Empereur lors de la distribution des récompenses décernées à l'occasion de l'Exposition universelle de 1862, 48.

— prononcé par l'Empereur en réponse au prince Napoléon, 51.

— prononcé sur la tombe de M. *A. Faure*, par M. le général *Morin*, 375.

— relatif à l'éloge de M. *de Senarmont*, prononcé dans la séance annuelle de la Société des amis des sciences, par M. *J. Bertrand*, 721.

— prononcé par M. *Trébuchet* à l'occasion de sa nomination à l'agence de la Société d'encouragement, 736.

Distillation. Des dangers que peut présenter la, de la houille avariée par l'eau de mer, par M. *Mulder*, 734.

Dorure. Procédé de, et d'argenture des tissus par voie galvanique, par M. *Chouet*, 320, 638.

Drainage. De l'état actuel du, en France, par M. *Hervé Mangon*, 246.

Dynamomètre. Système de, pour les fils de chaîne, par M. *Maurice David*, 445.

E.

Eaux gazeuses. Situation de l'industrie des, en France, par M. *Barral*, 434.

— Appareil à fabriquer les, par MM. *Greffier* et *Paul Dyé*, 572.

Ébène. Perfectionnements dans le traitement des plantes marines et dans leur application à la fabrication d'une matière composée assez dure pour remplacer l', et l'ivoire, par M. *Goulston Ghislain*, 249.

Échelles. Système d', mécaniques, par M. *Masbon*, 736, 738.

Éclairage. Sur les principales sources d', artificiel, par M. le docteur *Frankland*, 231.

— Plaques de verre strié pour augmenter l', des lanternes des rues, par M. *Thibaule*, 320.

— Rapport au Ministre sur l'application de la lumière électrique à l', des phares, par M. *L. Reynaud*, 496.

— Système d', avec le gazo-lampe, par M. *Mille*, 737, 739.

— Réflecteurs en porcelaine pour l', au gaz, par MM. *Vuadel* et *comp.*, 740.

Écoles industrielles. Examens pour l'admission aux, d'arts et métiers; rapport de M. *Priestley*, 587.

— Programme de l'École théorique et pratique de tissage mécanique fondée à Mulhouse sous le patronage de la Société industrielle de cette ville, 692.

— Réorganisation de l'École d'horlogerie de Cluses (Haute-Savoie), 734.

— École de brasserie fondée par M. *Chatelain*, 737.

Électricité. Coussins frotteurs pour les appareils à plateau de verre producteurs d'; par M. *Perrault Steiner*; rapport de M. *Th. du Moncel*, 9.

— Appareil d', pour la médecine, par M. *A. GaiFFE*; rapport de M. *Th. du Moncel*, 264.

Électro-magnétisme. Machine à graver par l', les rouleaux d'impression, par M. *GaiFFE*; rapport de M. *Th. du Moncel*, 137.

Émaux. Application des, sur verre, par M. *Audouinaud*, 445.

— Application d', sans plomb sur les poteries cuites à basse température, par M. *J. Richard*, 637.

Émeri. Fabrique de papier de verre et d', par

M. *Dumas-Frémy*; rapport de MM. *A. Chevallier* et *Duchesne*, 645.

Encre. Préparation d'une, dans laquelle entre l'aniline, par M. *Sacc*, 702.

— Composition d'une nouvelle, par M. *Magneval*, 740.

Enduit. Fabrication d'un, à base de fer, dit *minium de fer*, par M. *A. de Cartier*; rapport de M. *A. Chevallier*, 708.

Engrais. Notice sur les guanos du commerce, par M. *J. Girardin*, 299.

— Conversion en, du produit des égouts, par M. *Gagnage*, 638.

Énucloir. Instrument dit, pour enlever les noyaux des fruits, par M. *Idrac*; rapport de M. *Duchesne*, 140 (dessin sur bois).

Essieux. Système d', creux à graissage continu pour chariots de mine, par M. *Evrard*; rapport de M. *Phillips*, 321 (pl. 272).

Essoreuse. Nouveau genre d', à force centrifuge, par M. *Gautron*; rapport de M. *Faure*, 193 (pl. 268).

Explosion. Sur des cas d', de gaz d'éclairage, produits par la rupture de tuyaux de conduite en cuivre, par M. *T. L. Phipson*, 247.

— Le voisinage d'un incendie peut-il déterminer l', d'un gazomètre, par M. *W. Keates*, 306.

Exposition universelle. Distribution des récompenses accordées par l'Empereur à l'occasion de l', de 1862, 47. — Discours du prince Napoléon, 48. — Discours de l'Empereur, 51.

— Rapport à l'Empereur sur l'opportunité d'une, à ouvrir en 1867, par S. Exc. M. *Rouher*, 377. — Décret relatif à cette Exposition, 378.

— Rapport sur les produits chimiques industriels, de l', de 1862, par M. *A. W. Hofmann*, 478, 546, 672.

F.

Falsification. Moyens de distinguer la, de la cire d'abeilles par la cire végétale, par M. *Robineaud*, 58.

— Analyse de la, des vins par le suc fermenté des fruits, 59.

Fécondation. Méthode de, artificielle des céréales, de la vigne et des arbres fruitiers, par M. *Hooibrenck*, 629.

Fer. Brunissage du, et de l'acier, 381.

— Sur les propriétés du, et sur le degré de résistance qu'il peut offrir au choc des projectiles lancés à toute vitesse, par M. *William Fairbairn*, 402.

— Enduit à base de, dit *minium de fer*, par M. *A. de Cartier*; rapport de M. *A. Chevallier*, 708.

Fermeture. Système de, avec la paraffine pour les flacons qui contiennent des liqueurs alcalines caustiques, 57.

— Volets en fer pour, de boutiques, par MM. *Lenief*, 61.

— Mode de, pour les boîtes à lait, par M. *Boulangier*; rapport de M. *Moll*, 385 (dessin sur bois).

Filature. Métier continu pour, par M. *Leyherr*, 185.

Fonte. Des effets produits par l'introduction des métaux du wolfram dans la fabrication du bronze, de la, et de l'acier, par M. *Caron*, 491.

— Sur l'emploi du spath-fluor pour la fusion de la, de fer, par M. *Wernecke*, 571.

— Tuiles en, pour couverture des bâtiments, par M. *Geoffroy*, 637.

— De l'influence du flux sur la composition de la, manganésifère, par M. *H. Caron*, 695.

Fourneau. Système de, d'apprêteur, par M. *de Pindray*, 737.

Fours. Système de, continus pour la pâtisserie, par M. *Gondolo*, 64.

— Transformation des combustibles en gaz pour le chauffage des, et appareils industriels, par MM. *Prunier*, *Mignot* et *Guitta*; rapport de M. *Gaultier de Claubry*, 388.

Frein. Système de, par M. *F. C. Vannet*, 185.

Fruits. Instrument dit *énucloir* pour enlever les noyaux des, par M. *Idrac*; rapport de M. *Duchesne*, 140 (dessin sur bois).

Fulmi-coton. Procédé de fabrication du, en Autriche, par M. *Reny*, 317.

Fumivorité. Sur le foyer fumivore de M. *Tenbrinck*, employé sur le chemin de fer de l'Est, et sur les modifications apportées par M. *Bonnet* à cet appareil, par M. *Baude*, 538 (pl. 280).

Fusil. Système de, à bascule, par M. *Louis Descoutures*, 187.

G.

Galvanoplastie. Procédé de, dit *métalloplastie*, par M. *Chouet*, 320, 638.

Garancine. Toiles peintes par la, par M. *Sacc*, 702.

Gaz d'éclairage. Appareil pour la carburation du, par MM. *L. Bricout* et *G. Berlet*, 189.

— Sur des explosions de, produites par la rupture de tuyaux de conduite en cuivre, par M. *T. L. Phipson*, 247.

— Le voisinage d'un incendie peut-il déterminer l'explosion d'un réservoir à, par M. *W. Keates*, 306.

— Fabrication du, au moyen de l'huile de pétrole, par MM. *Thompson* et *Hind*, 316.

— Composition des résidus provenant de la fabrication du, par M. *T. L. Phipson*, 379.

— Perfectionnements à ses becs à, par M. *Monnier*, 736.

Géodésie. Instrument de, facilitant la résolution des triangles, par M. *Richard*, 700.

Géographie. Tableaux de, cosmographie et cosmogonie, par M. *Ignace Villa*, 63.

Glace. Appareil à faire la, d'une manière continue, par M. *Carré*; rapport de M. *Pouillet*, 32 (pl. 262 et 263).

— Sur la récolte de la, en Amérique, 244.

Gnomonique. Nouvel anneau astronomique ou cercle zénithal pour prendre la hauteur du soleil, par M. *Henri Robert* fils; rapport de M. *E. de Silvestre*, 460 (pl. 277).

Goudron. Emploi du, de houille contre les insectes, 58.

— Procédé de purification de la paraffine, des huiles de, et autres hydrocarbures liquides, par MM. *Jones Yates* et *William Tindall*, 248.

Graissage. Appareil de, par M. *Amenc* (Léon), 185.

— Système d'essieu creux à, continu pour chariot de mine, par M. *Evrard*; rapport de M. *Phillips*, 321 (pl. 272).

Graphite. Sur la désagrégation du, par M. *Brodie*, 247.

Gravure. Machine électro-magnétique à faire la, des rouleaux d'impression, par M. *Gaiffe*; rapport de M. *Th. du Moncel*, 137.

— Sur de nouveaux procédés de, et de reproduction des anciennes gravures, par M. *E. Vial*, 181.

— Procédé de, en creux et en relief, par M. *Dulos*; communication de M. *Dumas*, 184.

— Méthode de, sur verre, par M. *L. Kessler*, 319.

Grès. Sur la fabrication du, par M. *Edwin Godard*, 414.

Guanos. Notice sur les, du commerce, par M. *J. Girardin*, 299.

H.

Hauts fourneaux. Remarques sur la détermination de la température du vent chauffé pour les, par M. *Schæffel*, 570.

— Sur un nouveau monte-charges pour les, par M. *Schwartz*, 634.

Horlogerie. Réorganisation de l'École d', de Cluses (Haute-Savoie), 734.

Houille. Emploi du goudron de, contre les insectes, 58.

— Analyse de différentes espèces de, anglaise, par M. *A. W. Hofmann*, 214.

— Sur le mode d'exploitation de la, en Chine, 381.

— Des dangers que peut présenter la distillation de la, avariée par l'eau de mer, par M. *Mulder*, 734.

Huiles. Des nouvelles, essentielles, envoyées à l'Exposition universelle de 1862 par la colonie de Victoria, 247.

— de goudron. Procédé de purification de la paraffine, des, et autres hydrocarbures liquides, par MM. *Jones Yates* et *William Tindall*, 248.

— de poisson. Leur préparation pour les cuirs d'empeigne, par M. *Martz*, 511.

— Note sur un appareil à distillation fractionnée pour apprécier la valeur vénale des, essentielles qui proviennent de la calcination des houilles ou des schistes, par M. *V. Regnault*, 686 (dessin sur bois).

Hydro-extracteur. Nouveau genre d', à force centrifuge, par M. *Gautron*; rapport de M. *Faure*, 193 (pl. 268).

Hyposulfites. Rapport sur la préparation des, par M. *A. W. Hofmann*, 679.

I.

Imperméabilisation. Procédé d', du cuir, par M. *Ginoul (Augustin)*, 61.

— Système d', des tissus, par MM. *Bourrel et comp.*, 740.

Incombustibilité. Emploi du sulfate d'ammoniaque pour produire l', des mousselines, par M. *Mandet*, 637, 701.

Incrustations. Sur les moyens d'empêcher les, dans les chaudières à vapeur, par M. *E. Brescius*, 567.

Injecteur. Modifications apportées à l', du système *Giffard*, par M. *Turch*, 701.

Insectes. Emploi du goudron de houille contre les, 58.

— Appareil pour la destruction des, par M. *Émile Belenot*, 700.

— Procédé pour la destruction des, par M. *Artur*, 742.

Irrigations. Mode de jonction de tuyaux pour les, par M. *Cabieu*; rapport de M. *Dailly*, 145.

— Note sur les expériences relatives à l'emploi des eaux dans les, sous différents climats, par M. *Hervé Mangon*, 466.

Ivoire. Perfectionnements dans le traitement des plantes marines et dans leur application à la fabrication d'une matière composée assez dure pour remplacer l', et l'ébène, par M. *Goulston Ghislain*, 249.

J.

Jus sucrés. Note sur la nature des dépôts qui s'opèrent dans les chaudières d'évaporation des, aux Antilles, par M. *Aimé Girard*, 170.

— Méthode pour extraire les, contenus dans les résidus de la défécation des fabriques de sucre, par MM. *Belin* et *Jeannez*; communication de M. *Faure*, 190.

Jute. Du, et des autres matières végétales indigènes et exotiques, par M. *Alcan*. — Essais tentés pour approprier de nouvelles fibres textiles aux besoins de la fabrication, 397. — Appréciation de divers textiles proposés, 399.

L.

Laboratoire. Système de chauffage des appareils d'un, de chimie, par M. *Nicklès*; rapport de M. *Gaultier de Claubry*, 4 (pl. 261).

Labourage. Note sur le, à vapeur, par M. *Hervé Mangon*, 276.

- Appareils pour le, à vapeur, par M. Lotz, 572.
- Lacs.** Sur les, construits en Californie pour alimenter les ateliers de lavage de l'or, par M. Laur, 443.
- Laine.** Machine dite *égloutronneuse*, pour débarrasser la, de toutes ordures, par M. Malteau, 187.
- Composition des poussières provenant du nettoyage des débouffrages de la, par M. Houzeau, 242.
- Lampe.** Système de, perfectionnée pour brûler les huiles minérales, par M. Marmet, 64.
- Appareil dit gazo-lampe pour brûler les hydrocarbures, par M. Mille, 737, 739.
- Léviathan.** Extrait du livre de loch du, (*Great-Eastern*), 434.
- Liste** des nouveaux membres français et étrangers admis en 1863 à faire partie de la Société d'encouragement, 743.
- Lithographie.** Reproduction, sur pierre, des images de, nouvelles ou anciennes, par M. Rigaud, 442.

M.

- Machine.** Système de, à balayer, par M. Vaisard, 62.
- hydraulique, par M. Marino, *ib.*
- à travailler le verre soufflé, par M. Bazet, 62, 190.
- à forer les trous de mines, par M. Sommelier, 125 (pl. 266).
- électro-magnétique à graver les rouleaux d'impression, par M. Gaiffe; rapport de M. Th. du Moncel, 137.
- à débarrasser la laine de ses ordures, par M. Malteau, 187.
- à fabriquer les chevilles en bois, par M. Baudin, 189.
- à travailler le bois, par M. Redstone, 250.
- à fabriquer les clous pour ferrer les chevaux, par M. Laurent, 319.
- à vanner les blés, par M. de Laterrière, 446.
- A débiter les voliges, par M. Beau, 639.
- A balayer, par M. Tailfer, 738.
- Machines à vapeur.** Condenseur à air pour, par M. Delaurier, 63.
- sur les, avec détente du système *Corliss*, 473 (pl. 278).
- Machine locomotive.** Système de, articulée, par M. Lucien Rarchaert, 252.
- Projet de, à grande vitesse, par M. Jules Gaudry, 736.
- Manomètres.** Appareil pour contrôler la pression des, par M. Dedieu, 701.
- Métier à filer.** Système de, continu, par M. Leyheer, 185.
- Métier à tisser.** Système de, pour toutes espèces d'étoffes, par M. Ambroise Postel, 184.
- Perfectionnements dans le, par M. Fillon, 736.
- Système électrique pour arrêter le, lorsqu'un fil casse, par M. André Hermann, 741.
- Mines.** Machine à forer les trous de, par M. Sommelier, 125 (pl. 266).
- Essieu creux à graissage continu pour chariots de, par M. Évrard; rapport de M. Phillips, 321 (pl. 272).
- Fusées de sûreté pour les ouvriers des, par MM. Victor et Polglase, 512.
- Note sur un appareil automateur de M. Cavé pour forer les trous de, par percussion, par M. Baude, 712 (dessins sur bois).
- Monte-charge.** Sur un système de, pour les hauts fourneaux, par M. Schwartz, 634.
- Moteur.** Appareil, dit *barotrope*, par M. Salicis; rapport de M. Tresca, 577 (pl. 281).
- Moulage.** Perfectionnements à ses procédés de, par M. Stahl, 63. — Rapport de M. Duchesne, 528.
- Moulin.** Système de, à plâtre, par M. Minich; rapport de M. Tresca, 200 (pl. 269).
- Système de, à meule verticale, par M. P. Nezeaux, 573.
- Autre système de, par M. Merckelbagh, 639.

N.

- Navette.** Système de, pour machines à coudre, par M. J. Coignard, 382.
- Navires.** Fabrication des plaques de blindage pour, par M. John Brown, 177.
- Nouveau mode de ventilation des, cuirassés, par M. Fanshawe, 382.
- De la solidité des, par M. William Fairbairn, 404.

— Propulseur pour, par M. *Eugène Mouline*, 639.
Nécrologie. Mort de M. *J. F. Saulnier*, membre honoraire du comité des arts mécaniques, 183.

— Mort de M. *A. Faure*, membre du comité des arts mécaniques; paroles prononcées sur sa tombe par M. le général *Morin*, 375.

— Mort de M. *Delacroix*, agent de la Société, 572.

— Mort de M. *Christofle*, membre du comité de commerce, 739.

Nickel. Procédé de fabrication du, à l'état pur, par M. *Lewis Thompson*, 437.

O.

Or. De l'exploitation de l', et des principaux gisements aurifères découverts depuis dix ans, par M. *J. Arthur Phillips*, 153. — Gisements de la Colombie britannique, 154. — Gisements de la Nouvelle-Zélande, 156. — Gisements de la Nouvelle-Écosse, 157. — Gisements du nord du pays de Galles, 160. — Des divers procédés employés pour l'extraction de l'or, 161. — Essai des minerais aurifères, 165. — Des spéculations auxquelles a donné lieu en 1852 l'exploitation de l'or, 167. — Prix de revient de l'extraction de l'or de ses minerais, 169.

— Sur les lacs construits en Californie pour alimenter les ateliers de lavage de l', par M. *Laur*, 443.

Orcine. Sur la préparation industrielle de l', par M. *V. de Luynes*, 270.

— Sur les moyens de transformer l', en matière colorante; communication de M. *de Luynes*, 637.

Orgues. Système de piquage des cylindres des, mécaniques, par M. *Martin*, 185.

— Soufflerie de précision pour les, par M. *Caillaillé-Coll*; communication de M. *Lissajous*, 186.

Ouvrages nouveaux. Le *Verrier du XIX^e siècle*, par M. *P. Flamm*, 61; rapport de M. *Salvétat*, 267.

— De la juridiction commerciale en matière de transport, par M. *Ernest Gervais*, 63.

— Rapport annuel du bureau des patentes aux États-Unis pour l'année 1859, 61.

— Note sur divers travaux de feu le baron *Thénard*, par M. *A. Chevallier*, 183.

— Guide pratique pour l'établissement des garni-

tures de tous formats en typographie, par M. *Henri Maréchal*, 185.

— Instructions pratiques sur le drainage, 3^e édition, par M. *Hervé Mangon*, 185.

— Rapport sur les machines à vapeur de l'Exposition universelle de 1862, par MM. *Sabatier* et de *Freminville*, 188.

— Revue de sériciculture comparée, par M. *Guérin-Méneville*, 188.

— Expériences sur l'emploi des eaux pour les irrigations sous différents climats, par M. *Hervé Mangon*, 189.

— Note sur la fabrication de l'acier en Angleterre, par M. *Ed. Grateau*, 192.

— Gouvernement général de l'Algérie, etc., 253.

— Droit des inventeurs, par M. *Émile Barrault*, 256.

— De la culture du chasselas à Thomery, par M. *Rose Charmeux*; rapport de M. *Bourgeois*, 269.

— Le *Teinturier au XIX^e siècle*, par M. *Théophile Grison*; rapport de M. *Salvétat*, 325.

— Arithmétique théorique, pratique et mentale, par M. *Grandemange*; rapport de M. *Benoît*, 395.

— Récréations instructives, par M. *Jules Delbruck*; rapport de M. *Priestley*, 396.

— Guide du meunier et du constructeur de moulins, par M. *Benoît*, 446.

— Traité de l'impression photographique sans sels d'argent, par M. *Alphonse Poitevin*, 448.

— Traité des moteurs hydrauliques et des moteurs à vapeur, par M. *Armengaud aîné*; rapport de M. *Benoît*, 525.

— Sur l'intervention de l'art dans la photographie, par M. *Blanquart-Évrard*, 572.

— Le blé et le pain; liberté de la boulangerie, par M. *Barral*, 574.

— Rapport sur les matériaux de construction à l'Exposition universelle de 1862, par M. *Delesse*, 636.

— Guide pratique de la meunerie et de la boulangerie, par M. *Pierre Marmay*, 639.

— Manuel du gréement et de la manœuvre, par M. *E. Breart*, *ib.*

— Guide pratique de chimie agricole, par M. *N. Basset*, *ib.*

— Étude sur les machines à vapeur marines, etc., par M. *Victor Delacour*, *ib.*

— Notes pour servir à l'histoire des travaux d'amélioration des eaux minérales françaises, etc., par M. *Jules François*, 700.

- Recherches expérimentales sur la vapeur, etc., par M. B. F. *Isherwood*, 700.
- Des vignes du midi de la France, par M. *Henri Marès*, 702.
- De l'amélioration des forêts, par M. *Duchesne-Thoureau*, 704.
- Organisation du travail artistique en France, par M. *Théodore Labourieu*, 736.
- La vigne; leçons familières sur la gelée et l'oïdium, par M. N. *Basset*, 739.
- Tableau de la situation des établissements français dans l'Algérie, 741.

P.

- Panification.** Système de, par M. *Ed. Jame*, 572.
- Papier.** Sur le collage du, par M. *Liesching*, 60.
- Fabrication de, à cigarettes, par MM. *A. Michel* et *J. B. Picard*, 62.
 - Sur l'application de l'alfa ou sparte dans la fabrication du, par M. *Jules Barse*, 289. (Voy. **Sparte**.)
 - Sur l'emploi du plâtre dit *annaline* dans la fabrication du, par M. *Varrentrapp*, 632.
 - Fabrique de, de verre et d'émeri de M. *Dumas-Frémy*; rapport de MM. *A. Chevallier* et *Duchesne*, 645.
- Paraffine.** Fermeture avec la, pour les flacons qui contiennent des liqueurs alcalines caustiques, 57.
- Sur quelques usages chimiques de la, par M. *A. Vogel*, 179.
 - Procédé de purification de la, des huiles de goudron et autres hydrocarbures liquides, par MM. *Jones Yates* et *William Tindall*, 248.
- Peaux.** Blanchiment des, de chèvre, 179.
- Pétrin.** Système de, par M. *J. B. Boesch*, 320.
- Phares.** Sur l'application de la lumière électrique à l'éclairage des; rapport au Ministre par M. *L. Reynaud*, 496.
- Photographie.** De la reproduction des couleurs par la, par M. *Niepcé de Saint-Victor*, 239.
- Spécimens d'impressions de, colorée, par M. *Poittevin*; communication de M. *Victor de Luynes*, 383.
- Pierre.** Composition d'une, factice, par M. *Lagoux*, 189.
- Système de, factice colorée, par M. *Fr. Ducuing*, 253.
- Pile.** Modèle de, électrique, par M. *L. Maiche*, 183.
- Sur les moyens de diminuer la résistance intérieure de la, voltaïque, et sur les effets de cette diminution dans les appareils à grandes intensités, par M. *J. B. Viollet*, 508.
- Plâtre.** Moulin à, par M. *Minich*; rapport de M. *Tresca*, 200 (pl. 269).
- Sur l'emploi du, dit *annaline*, dans la fabrication du papier, par M. *Varrentrapp*, 632.
- Plomb.** De l'action de l'acide sulfurique sur le, par MM. *C. Calvert* et *R. Johnson*, 303.
- Sur les alliages de, et de zinc, par MM. *A. Matthiessen* et *Von Bosc*, 440.
- Polissage.** Fabrication de papiers de verre et d'émeri pour, par M. *Dumas-Frémy*; rapport de MM. *Chevallier* et *Duchesne*, 645.
- Pompe.** Système de, par M. *Duproz*, 187.
- Autre système de, par M. *Métivier*; rapport de M. *Tresca*, 705 (pl. 285).
 - Système de, aspirante et foulante, par M. *Suireau*, 740.
- Potasse.** Rapport sur les progrès introduits dans la fabrication des composés de, par M. *A. W. Hofmann*, 680. — Extraction de la potasse du suint, 681. — Extraction de la potasse des résidus des mélasses de betteraves, 682. — Sels de potasse dérivés des algues marines comme produits accessoires de la fabrication de l'iode et du brôme, 683. — Traitement des varechs par distillation sèche, 685.
- Potassium.** Sur l'essai des cyanures de, impurs du commerce, par M. *Flajolot*, 244.
- Presse à copier.** Système de, par M. *Luneau*, 740.
- Presses typographiques.** Nouveau mode de transmission de M. *Normand*, employé dans les, pour faire disparaître les irrégularités du mouvement obtenu par l'intermédiaire du joint de Cardan; rapport de M. *Tresca*, 129 (pl. 267).
- Presse hydraulique.** Sur une, du système Haswell, ayant figuré à l'Exposition universelle de 1862, 627 (pl. 282).
- Pressoir.** Système de, à vin, par M. *Condor*, 639.
- Priorité.** Réclamation de, au sujet de l'orgue de Saint-Sulpice, par M. *Martin*, de Provins, 62.
- Réclamation au sujet du pétrin de M. *Gondolo*, par M. *Boland*, 185.
 - Droits de, de M. *Lippens*, à l'invention des

sonneries électriques à trembleur; communication de M. *Th. du Moncel*, 186.

— Réclamation de, au sujet de la fabrication industrielle du sulfure de, par M. *Deiss*, 638.

Prix. Fondation d'un, pour l'emploi de la machine à coudre, par M. *Callebaut*, 573.

Procès-verbaux des séances du Conseil d'administration. Séance ordinaire du 14 janvier 1863, 61; — du 28 janvier, 63; — du 11 février, 183; — du 25 février, 184; — du 11 mars, 187; — du 25 mars, 189; — du 8 avril, 250; — du 22 avril, 252; — du 6 mai, 317; — du 20 mai, 319; — du 3 juin, 382; — du 17 juin, 384; — du 2 juillet, 445; — du 15 juillet, 572; — du 29 juillet, 574; — du 12 août, 635; — du 21 octobre, 637; — du 4 novembre, 699; — du 18 novembre, 701; — du 2 décembre, 735; — du 16 décembre, 738; — du 30 décembre, 740.

Q.

Quais. Projet de, pour la Tamise, par M. *Bazalgette*, 436.

R.

Raisin. De la culture du, dit *chasselas*, à Thomery, par M. *Rose Charmeux*; rapport de M. *Bourgeois*, 269.

Réflecteur. Système de, en porcelaine, par MM. *Vuadel et comp.*, 740.

Réfrigération. Appareil ayant pour objet la réfrigération artificielle, par M. *Carré*; rapport de M. *Pouillet*, 32 (pl. 262 et 263).

Règle. Disposition particulière de la, à calcul, ou échelle logarithmique, par M. *Peraux*; rapport de M. *Benoît*, 513.

— Note sur une, à calcul spéciale destinée aux ingénieurs et combinée par M. *Delamorinière*; par M. *Benoît*, 656.

Repassage. Appareils à chauffer les fers servant au, de toute espèce de tissus, par M. *Chambon-Lacroisade*; rapport de M. *Herpin*, 65 (pl. 264).

Reproduction. Nouveau mode de, à l'aide de

la lumière, de toute espèce de dessins gravés, imprimés, photographiés, etc., par M. *Morvan*, 444.

Résistance. Comparaison de la, à l'extension entre les plaques de fer et les plateaux de bois, par M. *William Fairbairn*, 313.

Robinet. Système de, par M. *Vautier*, 64.

— Modèle de, par M. *de Waroquier*, 252; — communication de M. *Silbermann*, 319.

— Système de, compteur à eau, par M. *François Degraev*, 574.

— Nouveau, modérateur pour les conduites de gaz, par M. *Vuillemo*, 637.

— Système de, applicable aux conduites de gaz, d'eaux forcées, etc., par M. *Vaussin-Chardanne*, 700.

— Système de, pour prévenir les coups de bélier, par M. *Debatène*, 701.

S.

Scie. Mode d'emploi de la, ruban pour la taille des matériaux de construction, par M. *L. Charton Joanot*, 445.

Seigle. Produit alimentaire fait avec le, torréfié, par M. *Pierrugues*, 185.

Sériciculture. Appareil transporteur des cocons vivants, par M^{me} *de Vernède de Corneillan*, 701.

— Mémoire traitant de la maladie des vers à soie, par M. *E. Barbusse*, 702.

— Avantages de la culture du mûrier sauvage pour la nourriture des vers à soie, par M. *Émile Nourrigat*, 738.

Serrures. Système de gâche à coulisse pour, par M. *Arnaud*, 741.

Soude. Rapport sur les progrès introduits dans la fabrication des sels de, par M. *A. W. Hofmann*, 546. — Fabrication du sulfate de soude, 547. — Fabrication de la soude brute, 548. — Lixiviation de la soude brute, 549. — Évaporation des lessives de soude; fabrication du sel de soude, 552. — Carbonate de soude cristallisé, 554. — Soude caustique, *ib.* — Fabrication de la soude au moyen de la cryolithe et au moyen du nitrate de soude, 557. — Transformation du chlorure de sodium en carbonate de soude sans la production intermédiaire du sulfate, *ib.* —

- Transformation du chlorure en sulfate de soude sans l'aide d'acide sulfurique, 559.—Préparation du sulfate de soude au moyen de l'eau de mer, *ib.* — Transformation du sulfate en carbonate de soude au moyen d'autres procédés que celui de Leblanc, *ib.* — Utilisation des résidus du procédé Leblanc, 560.
- Soufre.** De la production du, en Italie, par M. P. Bianchi, 311.
- De l'action du, sur les dissolutions de sels à réaction alcaline; décomposition de l'eau bouillante par ce corps, par M. J. de Girard, 440.
- Souscription.** Décision du Conseil d'administration relativement à la, en faveur des ouvriers sans travail de l'industrie cotonnière, 3.
- Sparte.** Essai de substitution du, en remplacement du coton, par M. Reveil, 64.
- Sur l'application de l'alfa ou, dans la fabrication du papier, par M. Jules Barse, 289. — Situation topographique, superficie, récolte, aménagements, moyens de transport, régime à introduire dans l'exploitation commerciale, 290. — Opérations techniques; conversion de l'alfa en papier, 294.
- Spath-fluor.** Sur l'emploi du, pour la fusion de la fonte de fer, par M. Wernecke, 571.
- Statistique.** Renseignements de, sur la fabrication des eaux gazeuses en France, par M. Barrai, 434.
- Sucre.** Note sur la nature des dépôts qui s'opèrent dans les chaudières d'évaporation des fabriques de, aux Antilles, par M. Aimé Girard, 170.
- Système de MM. Belin et Jeannez pour filtrer et presser les résidus de défécation dans les fabriques de; communication de M. Faure, 190.
- Sur un procédé d'extraction du, de betteraves, par M. L. Kessler, 505.
- Procédés d'extraction du, colonial et indigène communiqués à l'Académie des sciences par M. Alvaro Reynoso et MM. Perrier et Possoz; rapport de M. Payen, 532.
- Sulfure de carbone.** Réclamation de priorité au sujet de la fabrication industrielle du, par M. Deiss, 638.
- Suspension.** Système de, pour les ouvriers peintres en bâtiments qui travaillent à la corde, par M. Robinet, 448.
- T.**
- Teinture.** Communication au sujet du mordant rouge employé en, par M. Sacc, 251.
- Télégraphie électrique.** Poteaux pour la, faits avec des tubes de locomotives hors de service, par M. Heusinger, 59.
- Système de, souterraine et sous-marine, par M. Largefeuille, 183.
- Thallium.** Sur la chaleur spécifique du, par M. Regnault, 243.
- Tissage.** Métier à armures pour le, de toutes espèces d'étoffes, par M. Ambroise Postel, 184.
- Nouveau procédé de, par MM. Hébert et Voisin; rapport de M. Alcan, 257 (pl. 271).
- Perfectionnement au, des étoffes de soie, par M. Dama-Antoine, 740.
- Tissus.** Perfectionnements dans l'industrie des, par M. Eugène Parant, 252.
- Topographie.** Instrument de, par MM. Dupuis, Rabouin et G. A. Leroyer, 184.
- Touage.** Procédé de, par chaîne adhérente, par M. William Stewart; rapport de M. Tresca, 449 (pl. 276).
- Système de, par M. Robertson, 451.
- Tournesol.** Sur un mode de conservation de la matière colorante du, par M. A. Vogel, 510.
- Travaux publics.** Projet de quais pour la Tamise, par M. Bazalgette, 436.
- Tuiles.** Système de, en fonte, par M. Geoffroy, 637.
- Tungstène.** Des effets produits par l'introduction du, ou wolfram, dans la fabrication du bronze, de la fonte et de l'acier, par M. Caron, 491.
- Tunnel.** Travaux de percement du, à travers les Alpes entre Modane et Bardonnèche; communication par M. Baude, 98 (pl. 265, 266 et dessins sur bois). (Voyez **Chemins de fer.**)
- Tuyaux.** Mode de jonction de, pour les irrigations, par M. Cabieu; rapport de M. Dailly, 145.
- Sur des explosions de gaz d'éclairage produites par la rupture de, de conduite en cuivre, par M. T. L. Phipson, 247.
- Perfectionnements dans la fabrication des, en fer et en laiton, par M. Kessler, 428.
- Typographie.** Nouveau mode de transmission de M. Normand employé dans les presses de, pour faire disparaître les irrégularités du mouvement obtenu par l'intermédiaire du joint de Cardan; rapport de M. Tresca, 129 (pl. 267).
- Perfectionnements aux appareils à distribuer les caractères de, par M. Delcambre, 318.

V.

Vapeur. Emploi de la, surchauffée pour conserver les substances alimentaires, par M. *Lion*, 740.

Ventilation. Expériences sur les effets de, produits par les cheminées d'appartements, par M. le général *Morin*, 203.

— Nouveau mode de, des frégates cuirassées, par M. *Fanshawe*, 382.

Verre. Machine à travailler le, soufflé, par M. *Bazet*, 62, 190.

— De la fabrication du, au XIX^e siècle, par M. *Flamm*; rapport de M. *Salvétat*, 267.

— Plaques de, strié pour les lanternes des rues, par M. *Thibaule*, 320.

— Sur un procédé d'argenture à froid du, par l'emploi du sucre interverti, par M. *A. Martin*, 509.

— Préparation d'un, semblable au verre-mousseline, 635.

Vert. Applications nouvelles du, de chrome de M. *Guignet*; communication de M. *de Luyne*, 188.

Vers à soie. Voy. **Sériciculture.**

Vêtements. Travaux relatifs à la coupe des,

par M. *Dartmann*; rapport de M. *Silbermann*, 143.

Vigne. Remède contre la maladie de la, par M. *Rodé*, 318.

— Poudre d'alumine pour guérir la maladie de la, par M. *Druelle*, 636, 638.

Vin. Analyse du, falsifié par le suc fermenté des fruits, 59.

Vinaigre. Procédés de fabrication du, par MM. *Kœlitz et comp.*, 700.

Vitraux. Mémoire sur les, peints, par M. *Chevreul*, 718. — Distinction des diverses sortes de verre qui entrent dans la confection des vitraux colorés, *ib.* — Examen de deux sortes de matières retirées mécaniquement des vitraux peints, 719. — Procédé pour nettoyer les vitraux peints, dont le temps a altéré la transparence par des dépôts produits sur la surface du verre, *ib.* — De quelques opinions relatives aux vitraux peints, 720.

Z.

Zinc. Sur les alliages de plomb et de, par MM. *A. Matthiessen* et *Von Bosc*, 440.

TABLE DES PLANCHES ET DES DESSINS.

PLANCHES.

	Pages.
Pl. 261, <i>simple</i> . Alambic de laboratoire à effets multiples, par M. J. Nicklès.	7
Pl. 262, <i>triple</i> . { Fabrication continue de la glace, par M. Carré.	42
Pl. 263, <i>double</i> . {	
Pl. 264, <i>simple</i> . Appareil de chauffage pour les fers à repasser, par M. Chambon-Lacroisade.	67
Pl. 265, <i>triple</i> . Carte des différents projets de traversée des Alpes par les chemins de fer.	118
Pl. 266, <i>simple</i> . Machine à forer les trous de mines, par M. Sommelier, et profil en long de la traversée des Alpes au col de Fréjus, entre Modane et Bardonnèche.	126
Pl. 267, <i>triple</i> . Nouvel organe de transmission pour presses typographiques doubles, par M. Normand.	135
Pl. 268, <i>double</i> . Hydro-extracteur à force centrifuge, par M. Gautron.	198
Pl. 269, <i>simple</i> . Moulin à plâtre, par M. Minich.	202
Pl. 270, <i>double</i> . Charrue à versoir rotatif (système Cougoureux), par M. Peltier jeune.	228
Pl. 271, <i>double</i> . Battant spoulineur-brocheur, par MM. Hébert et Voisin.	262
Pl. 272, <i>simple</i> . Essieu creux à graissage continu, par M. Evrard.	324
Pl. 273, <i>triple</i> . { Chemin de fer de Lyon à la Croix-Rousse, { Profil en long et plan du chemin.	373
Pl. 274, <i>triple</i> . { par MM. Molinos et Pronnier, { Châssis avec frein automoteur pour voitures.	ib.
Pl. 275, <i>simple</i> . Appareils de chauffage, par M. Mousseron.	394
Pl. 276, <i>double</i> . Système de touage par chaîne adhérente, par M. William Stewart.	453
Pl. 277, <i>simple</i> . Cercle zénithal, par M. Henri Robert fils.	464
Pl. 278, <i>triple</i> . Machine à vapeur à détente du système de M. Corliss.	476
Pl. 279, <i>simple</i> . Ébullioscope centésimal, par M ^{lle} Brossard-Vidal.	524
Pl. 280, <i>triple</i> . Foyers fumivores. — Système de M. Tenbrinck et système de M. Bonnet.	540
Pl. 281, <i>double</i> . Appareil dit <i>barotrope</i> , par M. Salicis.	586
Pl. 282, <i>double</i> . Presse hydraulique du système Haswell.	628
Pl. 283, <i>simple</i> . Appareil pour bains de vapeur, par M. Laurent.	644
Pl. 284, <i>simple</i> . Régulateurs de rideaux de cheminées et appels-à-joint, par M. Filleul.	655
Pl. 285, <i>simple</i> . Système de pompe, par M. Métivier.	707

DESSINS.

Exposé des principes de la théorie mécanique de la chaleur, par M. Combes.

— 5 figures. 18, 22, 27, 96, 661

De la traversée des Alpes à Modane, par M. Baude.

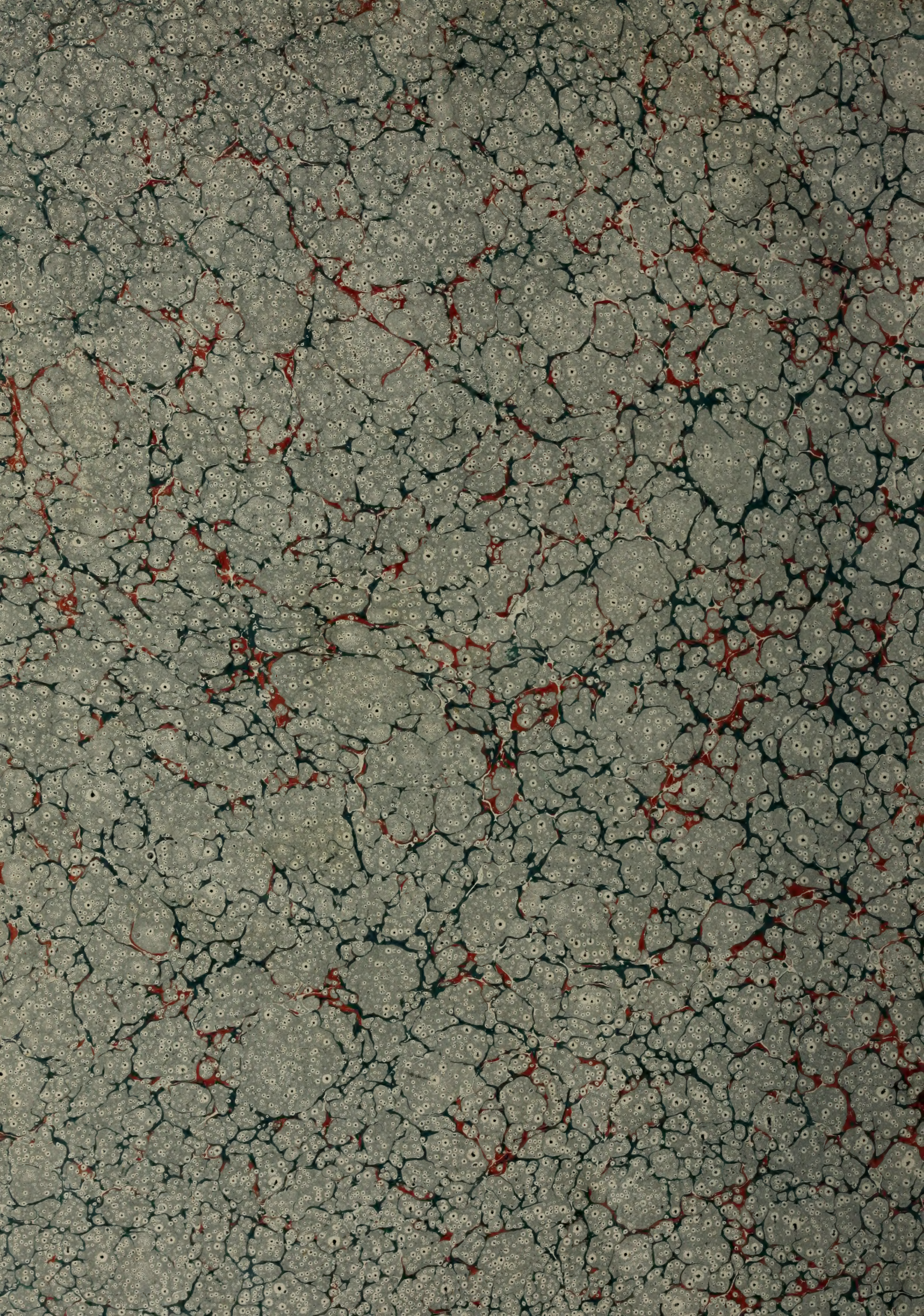
— 7 figures. 104, 105, 107, 111, 112, 113, 115

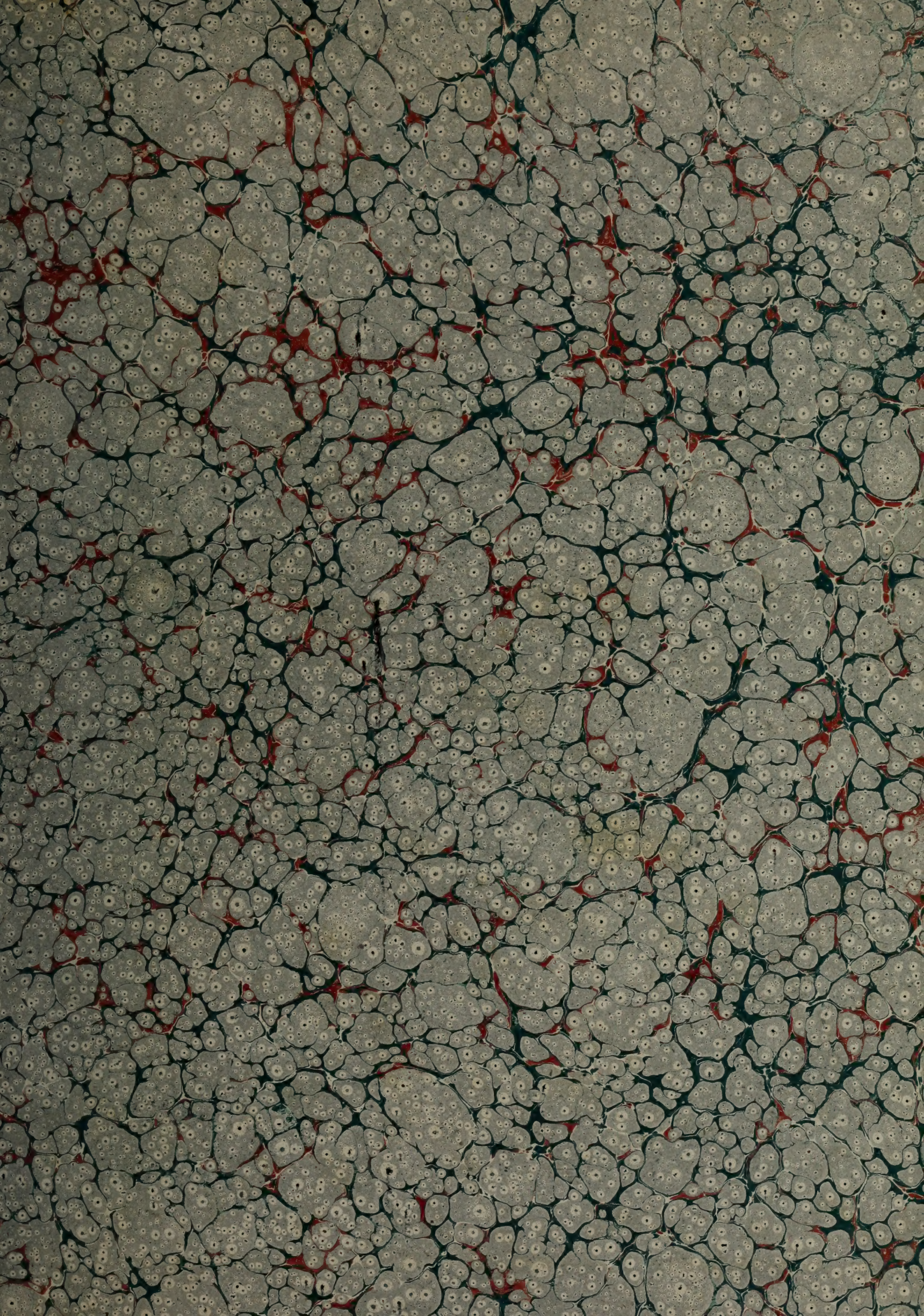
Énucloir, par M. le docteur Idrac. — 1 figure. 142

Charrue-bascule en fer à tendeurs automatiques de M. Fowler. — 1 figure. 277

Tome X. — 62^e année. 2^e série. — Décembre 1863. 97

	Pages.
Locomobile de M. Fowler pour la culture à vapeur. — 1 figure.	278
Disposition générale des appareils de culture à vapeur de M. Fowler. — 1 figure.	279
Ancre perfectionnée de M. Fowler. — 1 figure.	<i>ib.</i>
Poulie motrice du câble de la machine Fowler. — 1 figure.	280
Système de boîte à lait, par M. Boulanger. — 1 figure.	387
Appareil à distillation pour apprécier la valeur vénale des huiles essentielles minérales, par M. Regnault. — 1 figure.	687
Appareil automoteur pour forer les trous de mines, par M. Cavé. — 5 figures. . .	713, 714, 715





UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA



3 0112 111420789